



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

PEKKA RAUKOLA

HULEVESITULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI HELSINGIN
KAUPUNGISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Tuula Tuhkanen,
dipl.ins Perttu Hyöty

Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Rakennetun ympäristön tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 4. huhtikuuta 2012

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

RAUKOLA, PEKKA: Hulevesitulvariskien alustava arviointi Helsingin kaupungissa

Diplomityö, 93 sivua, 10 liitesivua

Lokakuu 2012

Pääaine: Yhdyskuntien ympäristötekniikka

Tarkastajat: professori Tuula Tuhkanen, dipl.ins. Perttu Hyöty

Avainsanat: hulevesi, hulevesitulva, riskinarviointi, lainsäädäntö

Lokakuussa 2007 annettiin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta. Suomessa direktiivi pantiin täytäntöön vuonna 2010 voimaan tulleella tulvariskien hallintaa koskevalla lailla (620/210) ja valtioneuvoston asetuksella (659/2010) tulvariskien hallinnasta. Lain (620/2010) mukaan kuntien tulee laatia hulevesitulvariskien alustava arviointi, jossa selvitetään merkittävien hulevesitulvariskien mahdollisuus kunnan alueella. Jos kunnan alueilla todetaan merkittävä hulevesitulvariski, tulee kyseisiltä riskialueilta laatia tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä tulvariskien hallintasuunnitelmat. Hulevesitulvariskien alustava arviointi, laaditut tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä tulvariskien hallintasuunnitelmat tulee tarkistaa kuuden vuoden välein.

Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustava arviointi suoritettiin konsulttitoimeksiantona FCG Finnish Consulting Group Oy:ssä. Toimeksiannossa hyödynnettiin kokemuseräistä tietoa toteutuneista hulevesitulvista sekä niiden aiheuttamista vahingoista. Tietoja kerättiin muun muassa FCG:n laatimalla Internet-pohjaisella hulevesitulvakyselyllä, pelastustoimen onnettomuus- ja pelastustilastosta (PRONTO) sekä Liikenneviraston ylläpitämästä HÄTI-järjestelmästä. Potentiaalisia hulevesitulvia arvioitiin paikkatietoanalyysien avulla.

Konsulttityön perusteella Helsingin kaupungista löydettiin lukuisia hulevesitulvaherkkiä alueita, joista yksikään ei täyttänyt lain (620/2010) mukaisia merkittävyyden kriteerejä. Selvitystyön perusteella Helsingin kaupunki teki lopulta merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä oman päätöksensä, jonka se toimitti paikalliselle Ely-keskukselle.

Tämä diplomityö perustuu laadittuun konsulttitoimeksiantoon. Työn teoriaosuudessa käydään läpi hulevesiin ja hulevesien hallintaan liittyvää teoriaa sekä lainsäädäntöä. Työn soveltavassa osuudessa on yksityiskohtaisesti käyty läpi toimeksiannon eri vaiheita, analysoitu käytettyjä menetelmiä ja työvaiheita sekä arvioitu saatuja tuloksia. Lisäksi on pohdittu toimenpiteitä vuonna 2018 tehtävälle hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarkistamiselle.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

RAUKOLA, PEKKA: Preliminary stormwater flood risk assessment in the city of Helsinki

Master of Science Thesis, 93 pages, 10 Appendix pages

October 2012

Major: Municipality Environmental Engineering

Examiners: professor Tuula Tuhkanen, M.Sc (Tech) Perttu Hyöty

Keywords: stormwater, stormwater flooding, risk assessment, legislation

The Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks entered into force on October 2007. In Finland the Directive was implemented with the new Flood Risk Management Act (620/2010) and the Government Decree on Flood Risk Management. According to the Flood Risk Management Act, municipalities in Finland have to carry out a preliminary risk assessment to identify significant stormwater flood risks. If a municipality verifies significant stormwater flood risk areas, it will be obligated to develop flood hazard maps and flood risk maps for these areas. Additionally flood risk management plans will have to be prepared for the significant risk areas. The preliminary risk assessments, flood risk maps, flood hazard maps and flood risk management plans will have to be reviewed on a six yearly cycle.

The preliminary stormwater flood risk assessment in the city of Helsinki was carried out by the consulting firm FCG Finnish Consulting Group Oy. The assessment began with analyzing if past stormwater floods in Helsinki have had significant harmful consequences. Data was collected via Finnish Consulting Group Oy's stormwater flood survey. Other sources of empirical data were the Finnish rescue services PRONTO-statistics on accidents and rescue operations and the Finnish Transport Agency's statistics on traffic disturbance. Additional information of stormwater flood events was received from the Public Works Department of Helsinki. Geospatial analyses were used to evaluate potential future flooding.

The results of the consulting assignment showed that though Helsinki has numerous areas that have suffered from stormwater flooding, none of the areas qualified as a significant flood risk area. With the help of the results, the city of Helsinki finally gave its verdict on naming significant stormwater risk areas and the verdict was delivered to the local Centre for Economic Development, Transport and the Environment.

This work is based on FCG's consulting assignment and is divided into two parts. The first part contains the theoretical background of stormwater, stormwater management and stormwater related legislation in Finland. In the second part of this work methods and results of the assignment are explained and analyzed in detail. In addition the second part includes discussion and suggestions for the 2018 reviewing of the preliminary stormwater flood risk assessment.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön tarkastajina ovat toimineet professori Tuula Tuhkanen Tampereen teknillisen yliopiston kemian ja ympäristötekniikan yksiköstä sekä diplomi-insinööri Perttu Hyöty FCG Finnish Consulting Group Oy:stä (FCG).

Työ perustuu Helsingin kaupungin tilaamaan konsulttitoimeksiantoon, joka suoritettiin FCG:ssä. Toimeksiannon tehtävänä oli laatia Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustava arviointi sekä selvittää kaupungin hulevesitulvaherkät alueet. Tässä diplomityössä keskitytään käsittelemään toimeksiannon ensimmäistä osaa eli hulevesitulvariskien alustavaa arviointia. Projekti oli vaiherikas prosessi, johon kuului lukuisia FCG:n ja Helsingin kaupungin edustajia.

Kiitokset haluaisin osoittaa usealle henkilölle. Työni tarkastajia sekä erityisesti ohjaajaa Perttu Hyötyä haluaisin kiittää asiantuntevista neuvoista ja ohjeista, jotka ovat innostaneet minua hulevesiasioden suhteen. Lämpimät kiitokset kuuluvat myös Hannes Björnislle, Jan Tvrdýlle, Markus Sunelalle sekä kaikille muille FCG:n työtovereille. Teiltä kaikilta saatu apu ja henkinen tuki ovat auttaneet minua luomaan pohjaa tulevalle työuralleni. Matkan varrella on tullut myös huomattua kuinka mielenkiintoista, jännittävää ja hauskaa insinöörityö voi olla.

Kiittäisin myös Emmiä kieliopillisista neuvoista sekä kaikkia teitä lukuisia opiskelutovereita yhteisistä opiskeluvuosistamme. Ilman teitä TTY:n opiskeluajat eivät olisi näin ikimuistoisia. Lopuksi kiittäisin vielä perhettäni ja Mélanieta jatkuvasta kannustuksesta.

Tampereella lokakuussa 2012

Pekka Raukola

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HULEVEDET JA NIIDEN HALLINTA	3
2.1	Hydrologia	3
2.1.1	Sadanta.....	4
2.1.2	Haihunta.....	6
2.1.3	Valunta.....	7
2.1.4	Ilmastomuutoksen arvioitu vaikutus Suomen hydrologiaan.....	9
2.2	Hulevedet ja niistä aiheutuvat ongelmat	12
2.2.1	Hulevesien muodostuminen.....	12
2.2.2	Kaupungistuminen	13
2.2.3	Tulviminen.....	15
2.2.4	Hulevesien laadulliset ongelmat	18
2.3	Hulevesien hallintamenetelmät	19
2.3.1	Hulevesien johtaminen	19
2.3.2	Hulevesien määrällinen ja laadullinen hallinta.....	22
2.3.3	Hulevesisuunnittelu	24
2.4	Hulevesiin liittyvä lainsäädäntö	26
2.4.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	26
2.4.2	Vesilaki	27
2.4.3	Vesihuoltolaki	27
2.4.4	Ympäristönsuojelulaki	28
2.4.5	Laki (669/1978)	29
3	HULEVESITULVARISKIEN HALLINTA.....	30
3.1	Direktiivi 2007/60/EY tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta.....	30
3.1.1	Direktiivin 2007/60/EY täytäntöönpano Suomessa.....	32
3.1.2	Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelu.....	33
3.1.3	Direktiivin 2007/60/EY täytäntöönpano muissa EU- maissa.....	34
3.2	Tulvariskien hallintaan liittyvä muu lainsäädäntö	35
3.2.1	Patoturvallisuuslaki.....	35
3.2.2	Pelastuslaki	35
3.2.3	Laki (1984/284)	36
3.2.4	Valtioneuvoston asetus vesistötoimenpiteiden tukemisesta	36
3.2.5	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	36
3.2.6	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	36
3.2.7	Vesilaki	37
3.2.8	Hulevesitulvariskien hallinnan viranomaistahot ja vastuut	37
3.3	Lain (620/2010) velvoitteiden toteutuminen.....	39
3.3.1	Suosituksat merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiseksi..	39
3.3.2	Suomen ympäristökeskuksen hulevesitulvakysely	40
3.3.3	Suomen merkittävät hulevesitulvariskialueet	43

3.3.4	Suomen merkittävät vesistö- ja meritulvariskialueet.....	43
4	HELSINGIN HULEVESITULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI	45
4.1	Selvitysalueen kuvaus	45
4.1.1	Paikallinen hydrologia	46
4.1.2	Paikallinen topografia	50
4.1.3	Hulevesien hallinta Helsingissä	51
4.2	Merkittävien hulevesitulvariskien arviointi	53
4.2.1	Kokemusperäisen tiedon kerääminen	53
4.2.2	Paikkatietotarkastelut.....	56
5	TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	60
5.1	Suomen ympäristökeskuksen hulevesitulvakysely	60
5.2	Todetut hulevesitulvat	60
5.3	Potentiaaliset hulevesitulvat	64
5.3.1	Paikkatietotarkastelut.....	64
5.4	Tärkeimpiä kohteita	66
5.5	Tuloksien arviointi	75
5.6	Ehdotuksia hulevesitulvariskien arvioinnin tarkistamiselle.....	77
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	81
	LÄHTEET	84
	LIITTEET	

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Asetus	Lakia alemman asteinen säädös. (Oikeusministeriön työryhmä 2011)
Asetus (659/2010)	Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta. (A 659/2010)
Direktiivi	Euroopan unionissa tehtävää lainsäädäntöä, jolla määritellään tavoitteet, jotka jäsenvaltioiden tulee toteuttaa esimerkiksi tarvittaessa muuttamalla omaa lainsäädäntöä. (Valtioneuvosto 2012)
Direktiivi 2007/60/EY	Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta. (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2007)
ELY- keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksille on koottu entisten TE-keskusten, alueellisten ympäristökeskusten, tiepiirien, lääninhallitusten liikenne- ja sivistysosaston sekä Merenkululaitoksen tehtäviä. Suomessa on 15 ELY-keskusta. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012)
Euroopan unioni	27 Euroopan maan välinen taloudellinen ja poliittinen liitto. (Euroopan unioni 2012)
Euroopan komissio	Yksi Euroopan unionin keskeisistä toimielimistä, joka laatii muun muassa ehdotuksia uutta EU-lainsäädäntöä varten ja hoitaa EU:n politiikan käytännön toteuttamiseen ja varojen käyttöön liittyviä tehtäviä. (Euroopan unioni 2012)
Hulevesi	Rakennuksen katolta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettava sade- ja sulamisvesi. Myös perustusten kuivatusvedet luetaan hulevesiin. (Suomen ympäristökeskus 2011)
HÄTI	Liikenneviraston ylläpitämä järjestelmä, jonne kerätään tietoja tieliikenteen häiriötilanteista. Järjestelmässä käsitellään ja kootaan eri lähteistä saatavia tietoja, joita voidaan käyttää häiriötiedotteiden laatimiseen. (Karjalainen 2009)
Laki	Yksittäinen säädös. (Oikeusministeriön työryhmä 2011)
Laki (610/2010)	Laki tulvariskien hallinnasta. (L 620/2010)
Momentti	Lakiin, asetukseen tai sääntöihin sisältyvän pykälän alakohdan tai kappale. (Mattila 1999)
Padotuskorkeus	Korkeustaso, johon vesi voi erillis- ja sekaviemäriverkostossa hetkellisesti nousta. Viemäriverkostoon liittyvän rakennuksen alimman lattiatason tulee olla padotuskorkeuden yläpuolella. (D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007)

PRONTO	Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto, joka on luotu pelastustoimen seurantaan, kehittämistä sekä onnettomuuksien selvittämistä varten. (Pelastusopisto 2012)
RATU	Suomen ympäristökeskuksen, Ilmatieteenlaitoksen ja Teknillisen korkeakoulun laatima Rankkasateet ja taajamatulvat – hankesuunnitelma, jota on rahoittanut maa- ja metsätalousministeriö sekä ympäristöministeriö. Hankkeen tavoitteena on ollut päivittää tiedot Suomen rankkasateiden määrästä ja toistuvuuksista sekä arvioida ilmastomuutoksen vaikutuksia sateisiin. (Aaltonen et al. 2008)
Riski	Vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyden ja seurauksen yhdistelmä. (VTT 2010)
Riskinarviointi	Riskinarvioinnissa tuotetaan mahdollisimman luotettavaa tietoa vahingonuhasta päätöksenteon perustaksi. Ympäristö- ja terveystarkkailun arviointi sisältää vaaran ja riskin tunnistamisen ja kuvaamisen lisäksi arvioinnin vaaralle altistumisesta. (Ahteensuu 2008)
Taajamatulva	Taajamatulva syntyy veden kasautuessa kaduille ja pihaille tai muille alueille, josta se purkautuu hallitsemattomasti aiheuttaen vahinkoja. (Kuntaliitto 2011)
Transpiraatio	Kasvien ilmaraoista tapahtuvaa veden haihtumista. (RIL ry 2003)
Valumiskerroin	Suhdeluku, jolla ilmaistaan valuma-alueelta pintavaluntana välittömästi purkautuvan veden osuus alueelle satavasta kokonaisvesimäärästä kun siitä on vähennetty erilaiset häviöt, kuten haihtuminen, pintavarastoituminen, imeytyminen ja pidätyminen. (Kuntaliitto 2011)
Valuntakerroin	Tarkoittaa samaa kuin valumiskerroin. (Kuntaliitto 2011)
Viemäritulva	Viemärin padotuksen kohotessa niin suureksi, että vesi purkautuu viemäristä kaivon kansien, lattiakaivojen tai muiden viemärointipisteiden kautta kiinteistöön, pihalle tai kadulle. (Vikman et al. 2006)

1 JOHDANTO

Vuoden 1998 jälkeen Euroopassa on tulvien takia menehtynyt noin 700 ihmistä ja noin puoli miljoona ihmistä on joutunut muuttamaan pois kotoaan. Taloudelliset menetykset puolestaan ylittävät jopa 25 miljardia euroa. Jo pelkästään vuosien 1998 ja 2004 välisenä aikana Euroopassa koettiin yli 100 merkittävää vahinkoa aiheuttanutta tulvaa, joista merkittävimmät olivat vuonna 2002 sattuneet tulvat Elben ja Danuben alueella.

Tulvat ovat luonnollisia ilmiöitä, mutta oikeilla metodeilla voidaan niiden esiintymisen todennäköisyyttä ja vaikutuksia kuitenkin minimoida. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta pyrkii vähentämään ja hallitsemaan riskiä, että tulvimisesta aiheutuisi vahinkoja ihmisen terveydelle, ympäristölle, kulttuuriperinnölle tai taloudelliselle toiminnalle. Lisäksi direktiivin on tarkoitus parantaa tulvariskien julkista tiedotusta sekä lisätä yleisön vuorovaikutusmahdollisuuksia tulvariskien hallintaa koskevissa suunnitteluprosesseissa. (European Commission, Environment 2011)

Direktiivi (2007/60/EY) edellyttää, että jokainen Euroopan unionin jäsenvaltio laatii vuoteen 2011 mennessä tulvariskien alustavan arvioinnin, jossa kartoitetaan rannikkoalueilla ja sisämaassa mahdollisesti olevat merkittävät tulvariskialueet. Lisäksi direktiivin mukaan todetuille merkittävillä tulvariskialueille on laadittava tulvavaara- ja tulvariskikartat vuoteen 2013 mennessä sekä tulvariskien hallintasuunnitelma vuoteen 2015 mennessä. Kaikki laadittavat selvitykset tulee tarkistaa kuuden vuoden välein. (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2007)

Suomessa direktiivi (2007/60/EY) on pantu täytäntöön 24.6.2010 voimaan tulleella tulvariskien hallintaa koskevalla lailla (620/2010), jota täsmentää 7.7.2010 voimaan tullut valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010). (Suomen ympäristökeskus 2011). Lain (620/2010) mukaan paikallisen Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) tehtävänä on laatia direktiivin 2007/60/EY edellyttämät vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien alustavat arvoinnit, laatia merkittäviltä tulvariskialueilta tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä valmistella ehdotukset vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallintasuunnitelmiksi. Kuntien tehtävänä on puolestaan huolehtia hulevesitulvariskien hallinnasta. Tehtävään kuuluu vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallinnan tapaan hulevesitulvariskien alustava arviointi ja merkittävien hulevesitulvariskialueiden osalta tulvavaara- ja tulvariskikarttojen sekä tulvariskien hallintasuunnitelman laadinta. Hulevesitulvariskien alustava arviointi tuli olla toimitettuna 22.12.2011 mennessä paikalliselle ELY-keskukselle.

Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tuli lain (620/2010) mukaan perustua toteutuneisiin hulevesitulviin sekä ilmaston ja vesiolojen kehittymisestä saatavilla oleviin tietoihin. Hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa tuli lisäksi arvioida tulevaisuudessa mahdollisesti toteutuvia hulevesitulvia ottamalla huomioon ilmaston muuttuminen. (L 620/2010)

Tämä työ käsittelee Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustavaa arviointia, joka laadittiin konsulttityönä FCG Finnish Consulting Group Oy:ssä. Selvitystyössä oli mukana ohjausryhmä, jossa oli konsultin lisäksi Helsingin kaupungin rakennusviraston, kaupunkisuunnitteluviraston, rakennusvalvontaviraston, kiinteistöviraston, ympäristökeskuksen sekä liikuntaviraston edustajia. Lisäksi mukana olivat edustajat Uudenmaan ELY-keskuksesta ja Helsingin seudun ympäristöpalvelusta. Työn kirjallisuusosuudessa käsitellään yleisesti hydrologiaa ja hulevesiä sekä hulevesiin liittyviä ongelmia. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarve perustuu lakisääteisiin velvoitteisiin, joten kirjallisuusosuudessa on käsitelty tarkennetusti myös aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä.

Työn tutkimusosuudessa käydään puolestaan tarkemmin läpi Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustava arviointi. Tutkimusosuuden ensimmäisessä osassa selvitetään Helsingin kaupungin olosuhteet, kuten paikallinen hydrologia ja topografia sekä esitetään menetelmät, joilla hulevesitulvien alustava arviointi toteutettiin. Arvioinnin tarkoituksena oli selvittää, onko Helsingin kaupungissa aikaisemmin ilmennyt tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) mukaisia merkittäviä hulevesitulvia sekä arvioida tulevaisuudessa mahdollisesti esiintyviä merkittäviä hulevesitulvia. Tulevaisuuden arvioinnit perustuivat Suomen ympäristökeskuksen ohjeistamaan, kerran sadassa vuodessa toistuvaan sadetapahtumaan, jossa ilmastomuutoksen mahdollinen vaikutus sateisiin myös huomioitiin.

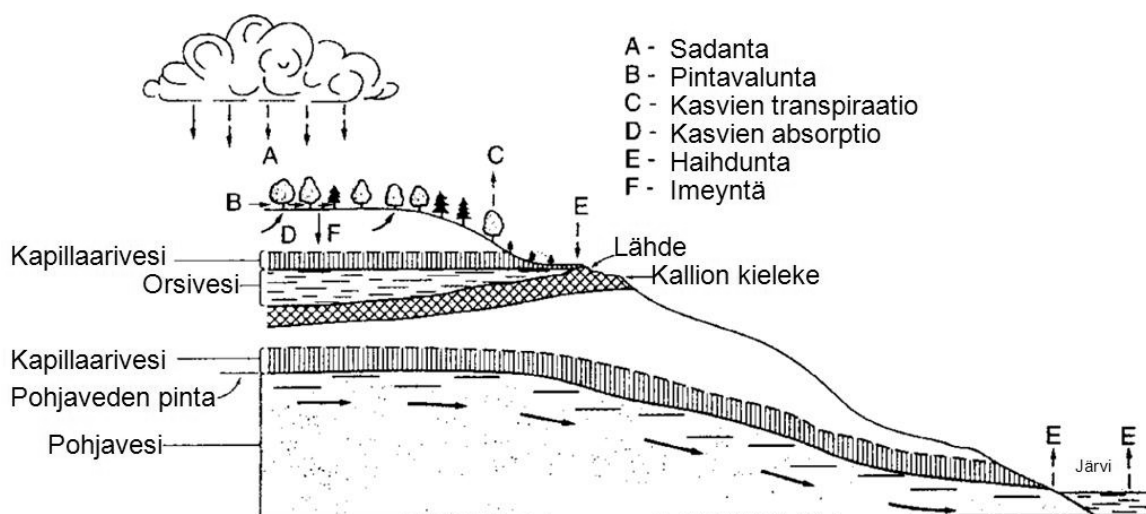
Tutkimusosuuden toinen osa tarkastelee selvitystyöstä saatuja tuloksia ja niiden luotettavuutta. Selvitystyön perusteella laadittiin Helsingin kaupungin merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä oman esityksensä, joka asetettiin yleisesti nähtäville noin kahdeksi viikoksi. Konsultin esityksen ja saadun palautteen pohjalta Helsingin kaupunki teki lopulta oman päätöksensä merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä ja toimitti päätöksensä aikataulun mukaisesti Uudenmaan ELY-keskukselle. Tutkimusosuudessa on lopuksi vielä pohdittu käytettyjen menetelmien soveltuvuutta sekä laadittu ehdotuksia kuuden vuoden kuluttua toteutettavalle hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarkistukselle.

2 HULEVEDET JA NIIDEN HALLINTA

Tässä luvussa käsitellään yleisesti hydrologiaa ja hulevesiä sekä hulevesiin liittyviä ongelmia ja lainsäädäntöä.

2.1 Hydrologia

Hydrologian tarkoituksena on selvittää veden ja ympäristön jatkuvaa kemiallista ja fysiikkaalista vuorovaikutusta. Käytännön hydrologiassa tutkitaan kuitenkin veden kiertokulun eri vaiheita sekä näiden vaiheiden keskinäisiä vuorovaikutuksia erilaisissa olosuhteissa. Hydrologia voidaan jakaa kolmeen pääalueeseen: ilmakehän vettä käsittelevään hydrometeorologiaan, ilmakehän ja maanpinnan välistä vettä käsittelevään pintavesi-hydrologiaan ja pohjavesiä käsittelevään geohydrologiaan. (RIL ry 2003). Hydrologian peruskäsitteitä ovat sadanta, haihdunta ja valunta. Peruskäsitteet on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Veden hydrologinen kierto. (Muokattu: Frankel et al. 2010)

Peruskäsitteiden vuorovaikutukset toisiinsa voidaan esittää myös niin sanotun vesitaseyhtälön avulla, joka ilmaistaan seuraavasti

$$P=Q+E+\Delta S \quad (1)$$

Yhtälössä P ilmaisee sadantaa, Q alueen valuntaa, E haihduntaa ja ΔS alueelle varastoituneen veden määrää. Yhtälön suureet ilmaistaan usein millimetreinä (mm). (Sovellettu hydrologia 1986)

2.1.1 Sadanta

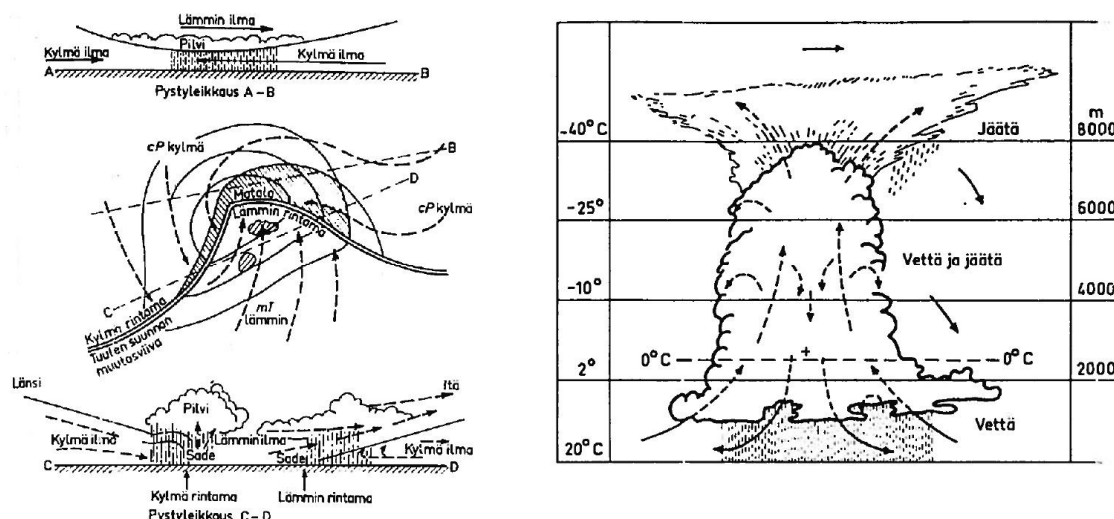
Sadannalla tarkoitetaan alueelle tietyssä aikayksikössä sataneen veden tai lumen määrää vesiaronna, jolloin sen yksiköksi usein ilmoitetaan mm/h tai mm/kk. Sadanta on tärkein hydrologinen perussuure, sillä se vaikuttaa merkittävästi muihin hydrologisiin perussuureisiin, kuten haihduntaan ja valuntaan.

Sateet syntyvät kostean ilman noustessa ylöspäin, jolloin lämpötila myös laskee noin $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, ja ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä. Tiivistyminen tapahtuu ilmassa olevien hiukkasien ympärille, jolloin lämpötilasta riippuen muodostuu pieniä pisaroita tai jääalkioita. Pisaroiden tai jääalkioiden kasvaessa tarpeeksi painaviksi ne satavat alas maan pinnalle tai vesistöön. Vesihöyryn tiivistymistä ilmassa olevien hiukasten ympärille kutsutaan myös nukleaatioksi.

Syntytapansa perusteella sateista voidaan erotella kolme perustyyppiä, jotka ovat orografiset sateet, konvektiiviset sateet ja sykloniset sateet. Orograafiset sateet syntyvät kun liikkuva ilmassa kohtaa maastoesteen ja joutuu tämän johdosta kohoamaan ylöspäin. Orograafiset sateet ovatkin tyypillisiä vuoristoilla rannikkoalueilla, mutta joskus myös Suomessa maaston epätasaisuudet voivat synnyttää orografisen vaikutuksen. Orografisilla tekijöillä on merkittävä välillinen vaikutus Suomen sadantaa, sillä Skandinavian vuoristoselänne pidättää merkittävän osan Atlantilta tulevien ilmassojen kosteudesta. (Sovellettu hydrologia 1986)

Konvektiiviset sateet syntyvät kuumina kesäpäivinä kun maanpinnan tietty kohta lämpenee ympäristöään lämpimämmäksi. Tällöin lämmennyt ja tiheydeltään kevyempi ilma kohoaa ylöspäin ja jäähtyessään sen sisältämä kosteus tiivistyy muodostaen sateita. Konvektiivinen nousuvirtaus on nopeaa, mistä johtuen sateet ovat usein myös voimakkaita ja lyhytkestoisia. Lisäksi yksittäisten konvektiosolujen kapeasta vaakasuuntaisesta koosta johtuu, että konvektiiviset sateet ovat tyypillisesti suppea-alaisia. (Sovellettu hydrologia 1986). Usein kuuroluontoiset sateet syntyvät kuitenkin useista peräkkäisistä ja eri-ikäisistä konvektiosoluista, jolloin sateen intensiteetit voivat vaihdella suuresti pilven eri osien välillä. (Aaltonen et al. 2008)

Sykloniset sateet muodostuvat puolestaan syklonien eli matalapaineiden yhteydessä, kun matalapaineiden kylmissä ja lämpimissä rintamissa lämmin ilma kohoaa. Sykloniset rintamasateet ovat myös Suomen yleisin sadetyyppi. (RIL ry 2003). Suomessa sykloniset sateet syntyvät usein, kun idän kylmä ilmassa kohtaa lännestä tulevan lämpimän ilmassan, joka joutuu kevyempänä kohoamaan kylmemmän ilman yläpuolelle. Vähitellen kohoava ilmassa jäähtyy muodostaen lopulta sadetta. Lämpimän rintaman sateet ovat luonteeltaan tasaisia ja pitkäaikaisia, koska niissä lämmin ja kostea ilma kohoaa kylmää ilmassaa vasten hitaasti. Kylmän rintaman sateet ovat sen sijaan usein rankempia ja keskittyvät pienille alueille, koska kylmä ilma joutuu äkillisesti työntymään lämpimän ilmassan alle pakottaen lämpimän ilman kohoamaan ja jäähtymään nopeasti. (Sovellettu hydrologia 1986). Kuva 2 esittää syklonisen sateen ja konvektiivisen sateen periaatteen.



Kuva 2. Sykloonisen sateen ja konvektiivisen sateen periaate. (Sovellettu hydrologia 1986)

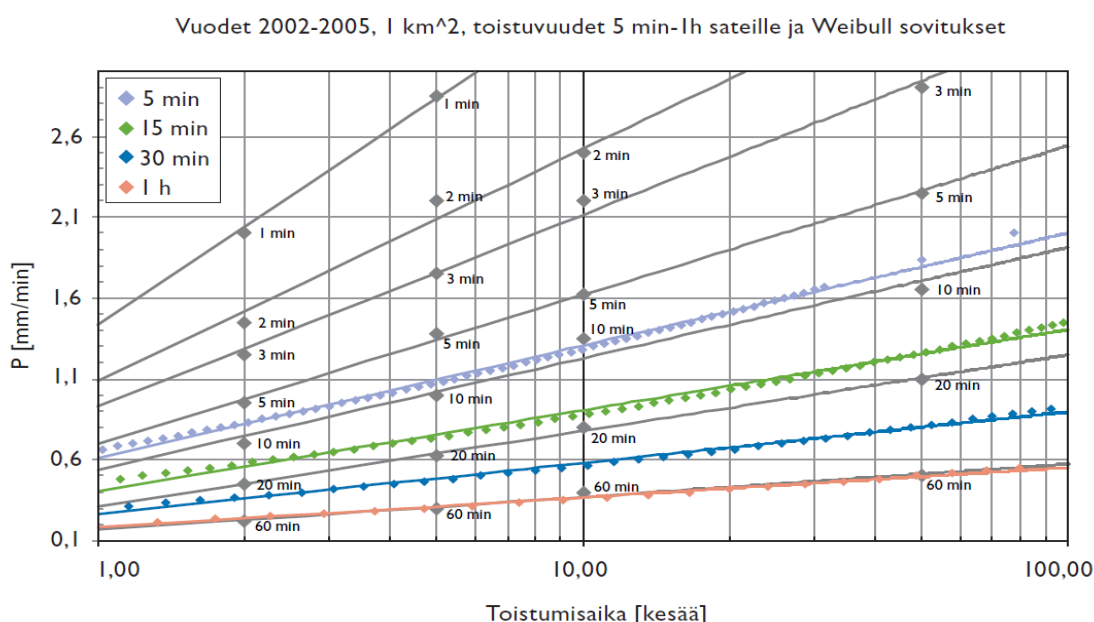
Paikallisesti hydrologiaan vaikuttaa myös meren läheisyys, jolla on Suomen rannikko-alueiden sadantaan merkittävä vaikutus. Vaikutus ilmenee suurimmillaan alkukesän aikana kylmän meriveden vähentäessä ilmakehässä tapahtuvaa pystyvirtausta, jolloin rannikolla sataa sisämaata vähemmän. Kesäisin lämmin merivesi aiheuttaa sen sijaan päinvastaisen ilmiön, kun meri on etenkin öisin maata lämpimämpi muuttaen meriveden yläpuolella olevan ilman epävakaammaksi. Tällöin sadekuurot sekä voimistuvat että yleistyvät rannikolla. (Liljequist 1962). Järvillä sataa sen sijaan kaikkina vuodenaikoina yleensä vähemmän kuin järviä ympäröivillä alueilla. Esimerkiksi Suur-Saimaan järvisadannaksi on tutkimuksissa saatu 5 % aluesadantaa pienempi arvo. Rannikon läheisyys voi lisäksi aiheuttaa niin sanotun rannikkoefektin, jossa ilma joutuu nousevaan liikkeeseen maapinnan suuremman kitkan vuoksi. Rannikkoefekti lisää sadantaa noin 10–12 % Suomenlahden rannikolla. Voimakkaimmillaan sen vaikutus näkyy noin 20 km:n päässä rannikolta, mutta aivan rannikon tuntumassa se vaikutus on pieni. Noin 50 km:n päässä rannikolta vaikutus lakkaa. (Sovellettu hydrologia 1986)

2.1.1.1 Sademäärät Suomessa

Suomessa sadetta saadaan sen eri olomuodoissa läpi koko vuoden, mutta sademäärissä ilmenee paikallisesti ja ajallisesti suuria vaihteluita. Keväällä sademäärät ovat nimittäin pienimmillään ja kesällä suurimmillaan. Tarkemmin tarkasteltuna helmikuun ja toukokuun välinen aika on Suomessa vähäsateisinta, keskimääräisen sadannan ollessa 20–50 mm. Suurimmat sateet sijoittuvat sen sijaan heinä- elokuulle, jolloin sataa keskimäärin 50–80 mm. Vuoden keskimääräinen sademäärä Suomen pohjoisosassa on noin 300 mm ja eteläosissa vajaat 1000 mm. Vaikka Suomen etelä- ja pohjoisosan sademäärissä on suuria eroja, ei sadepäivien lukumäärässä ole vastaavanlaisia eroja havaittavissa. (Saukonen 2008)

Havaituista sadetapahtumista laaditaan myös ennusteita, joiden avulla sateisiin ja niistä mahdollisesti aiheutuviin ongelmiin voidaan varautua. Esimerkiksi hulevesijärjestelmät mitoitetaan niin sanottujen mitoitussateiden avulla, jotka määritellään tarkaste-

lemalla toteutuneiden sadetapahtumien rankkuutta, kestoaikaa sekä toistuvuutta. Sateiden rankkuudella eli intensiteetillä tarkoitetaan sadetapahtuman kokonaissademäärän ja kestoajan osamäärää. Sateiden toistuvuus on puolestaan todennäköisyys tietyn kestoisen ja tietyn intensiteetin omaavan sadetapahtuman esiintymiselle. Sateen esiintymistodennäköisyys ilmoitetaan yleensä toistuvuutena eli millä aikavälillä tietynlainen sadetapahtuma esiintyy tilastollisesti kerran. Sateiden toistuvuuden arviointi perustuu näin pitkän aikavälin havaintoihin ja niistä johdettuihin tilastollisiin todennäköisyyksiin. Mahdollisen ilmastomuutoksen vuoksi sateiden toistuvuuksien sijasta nykyään olisi kuitenkin syytä puhua sateiden todennäköisyyksistä prosentteina muuttuvassa ilmastossa. (Kuntaliitto 2011). Aaltonen et al. (2008) ovat RATU-hankkeessa määritelleet sääatutkahavaintojen perusteella erisuuruisille alueille ja maantieteellisille paikoille sadannan toistuvuusikäyrät. Kuvassa 3 on esitetty hankkeen tulokset aluesadannan toistuvuudelle 1 km²:n suuruiselle alueelle. Toistumisajat on määritetty eripituisille sadetapahtumille.



Kuva 3. Eripituisien sadetapahtumien toistuvuudet. Värillisillä viivoilla ja pisteillä on esitetty vuosien 2002-2005 välisenä aikana mitatun 1 km² aluesadannan toistuvuus. Harmaat viivat ja pisteet ovat Katajisto (1969) julkaisussa määritetyt pistesadannan toistuvuusikäyrät. (Aaltonen et al. 2008)

2.1.2 Haihdunta

Maahan tai veteen satanut vesi voi haihdunnan kautta palata ilmakehään. Haihdunta voi tapahtua niin maan, veden kuin myös lumen pinnasta sekä kasvien ilmaraoista, jolloin haihduntaa kutsutaan transpiraatioksi. Maa-alueen kokonaishaihduntaa eli maanpinnasta ja kasvien ilmaraoista tapahtuvaa haihduntaa kutsutaan yhteisnimityksellä evapotranspiraatio. Evapotranspiraatiossa veden haihtumiseen vaikuttaa ennen kaikkea haihdunnalle alttiina oleva vesimäärä, ilmastolliset tekijät sekä maanpinnalla esiintyvä kasvillisuus ja maanpinnan laatu. Veden pinnalta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavat puolestaan vain ilmastolliset tekijät, kuten auringon tulosäteily, lämpötila, ilman kosteus ja tuulen nopeus. Haihdunta lumen pinnasta edellyttää samoja tekijöitä kuin veden pin-

nasta tapahtuva haihdunta. Lisäedellytyksenä kuitenkin on, ettei ilman kastepistelämpötila ole korkeampi kuin lumen pinnan lämpötila.

Haihdunnan määrä vaihtelee valtakunnallisesti ilmasto-olosuhteiden ja sadantojen mukaisesti. Keskimäärin Etelä-Suomessa haihdunnan määrä on noin 60 % vuosisadannasta, kun taas Pohjois-Suomessa se on vastaavasti noin 50 % vuosisadannasta. (RIL ry 2003)

2.1.3 Valunta

Valunnalla tarkoitetaan sitä osaa sadannasta, joka virtaa vesistöihin maanpinnalla, maaperässä ja kallioperässä. (RIL ry 2003). Valunta voidaan myös määritellä vesitaseyhtälön avulla, joka ilmaistaan seuraavan yhtälön muodossa

$$R=P-E-\Delta V \quad (2)$$

Yhtälössä valunta R saadaan vähentämällä sadannasta P haihdunta E ja vesivaraston muutos ΔV tietyllä valuma-alueella. Yhtälön vesivarastolla tarkoitetaan esimerkiksi maaperään, vesistöön tai kasvipeitteeseen varastoitunutta vettä. Valunnan yksikkönä käytetään yleensä mm/a tai mm/d. Valuntaa ei pidä kuitenkaan sekoittaa virtaamaan tai valumaan, jotka kummatkin tarkoittavat lähes samaa asiaa. Erona on, että virtaamalla tarkoitetaan konkreettista vesiuomassa tai maaperän poikkileikkauksessa kulkevaa vesimäärää sekunnissa. Virtaaman yksikkönä käytetään usein m^3/s tai l/s . Valumalla puolestaan tarkoitetaan tietyllä valuma-alueella virtaavaa vettä ja sen yksikkönä on $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$. (Sovellettu hydrologia 1986)

Valunta on hulevesien hallinnan kannalta keskeinen suure, sillä valuntaa tarkastelemalla voidaan määritellä, kuinka suuri osa sadannasta kulkeutuu vesistöihin ja viemäreihin. Lisäksi voidaan selvittää aika, joka sadannalla kestää saavuttaa kyseiset viemärit tai vesistöt. Tutkimalla valuntaa on myös mahdollista selvittää, kuinka usein valunnasta aiheutuu tulvia.

Maanpinnalle tulevasta sateesta osa voi pidäytyä puihin ja aluskasvillisuuteen interseptiona, josta se haihtuu takaisin ilmakehään. Maanpinnalle satanut vesi imeytyy sen sijaan maahan tai kerääntyy maanpinnalla oleviin painanteisiin, jotka täyttyessä saavat veden poistumaan maanpäällisenä valuntana. Sateiden jatkuessa imeytynyt vesi lisää ensin maan kosteutta, minkä jälkeen osa imeytyneestä vedestä virtaa pintakerrosvaluntana ylempiä maakerroksien kautta kohti vesiuomia. (RIL ry 2003). Syvemmälle imeytynyt vesi muodostaa sen sijaan pohjavettä, joka voi myös valua vesiuomiin pohjavesivaluntana. Pohjavesivalunta on hidas prosessi, ja se saavuttaa vesiuomat vasta viikkojen, kuukausien ja joskus jopa vuosien kuluttua. Sen sijaan maanpäällinen valunta tapahtuu hyvin nopeasti valunnan saavuttaessa pienet vesiuomat jo minuuttien sisällä. Pintakerrosvalunta puolestaan joutuu vesiuomiin muutamassa tunnissa.

Valuntamuotojen määrät riippuvat paljon tarkasteltavan alueen kasvillisuudesta, pinnan muodoista ja maaperästä. Ihmisen toiminnasta, maaperän hienorakeisuudesta tai

roudasta johtuva maanpinnan heikko vedenläpäisevyys lisää maanpäällisen valunnan osuutta. Myös maaperän suuri kosteuspitoisuus lisää pintavalunnan määrää, kun maan huokostila on esimerkiksi aikaisempien sateiden johdosta veden kyllästämä. Sen sijaan pintakerrosvalunnan muodostuminen on merkittävää alueilla, joissa maanpinta on vettä hyvin läpäisevää mutta maanpinnan alapuolella on läpäisemätön kerros. Pohjavesivalunnan osuus on puolestaan suurin karkearakeisilla maalajeilla, joissa myös maan alimmat maakerrokset ovat hyvin vettä johtavia.

Eri valuntamuotojen määrälliset suhteet riippuvat myös tarkasteltavasta vuodenaikasta, sillä keväisin lumien sulaessa pintavalunnan ja pintakerrosvalunnan osuus on suurin. Vastaavasti kesäisin merkittävä osa valunnasta muodostuu pohjavesivalunnasta. Syksyn aikana sateet jälleen kasvattavat pintakerrosvalunnan ja maanpäällisen valunnan osuutta, kunnes talvella valunta muodostuu jälleen poikkeuksia lukuun ottamatta pääosin pohjavesivalunnasta. (Sovellettu hydrologia 1986)

Valunta ilmoitetaan usein niin sanottuna vuosivaluntana, joka voidaan ajallisesti jakaa kevätvaluntaan, kesävaluntaan, syysvaluntaan ja talvivaluntaan. Kevätvalunta aiheutuu lumipeitteeseen varastoituneesta vedestä sekä sadannasta, joka tapahtuu lumen sulamisen yhteydessä. Sen suuruus riippuu pääasiassa lumen vesiarvosta ja lumen sulamisajan sadannasta. Lisäksi maaperän paksu routakerros lisää kevätsulannan määrää ja kestoja, joten maaperän routivuudella on merkitys. Kevätvalunta on vuosivalunnoista merkittävin sen osuuden ollessa Lounais-Suomea lukuun ottamatta 30–50 % vuosivalunnasta. Määrällisesti kevätvalunta on suuruudeltaan noin 50–300 mm.

Lumen sulamisen päätyttyä alkaa kesävalunta, joka kestää aina elokuun loppuun asti. Maaperän ollessa vielä kosteana lumen sulamisvesistä voi valumisvesien määrä alkukeväänä olla suuri. Alkukevästä syntyviä valuntoja lukuun ottamatta kesävalunnat ovat määrällisesti kuitenkin huomattavasti kevätvaluntoja pienempiä, sillä kesäaikaan haihtuminen on suuri verrattuna sadannan määrään. Tällöin maa pystyy imemään ja pidättämään jopa suuriakin yksittäisiä sateita. Kesävalunnat ovat suuruudeltaan 10–40 mm.

Syysvaluntoja leimaa puolestaan suuri vaihtelevuus. Syksyllä olevan sadannan ylittäessä normaaliarvon voi valunnan määrä olla huomattava. Haihdunta on syksyisin usein pientä, eikä maan kosteusvaje pysy kesän tasolla jos sadanta on suuri. Syysvaluntojen määrä on keskimäärin 50–100 mm, mutta voi olla sateisina vuosina jopa yli 100 mm. Vastaavasti kuivina syksyinä valunnan määrä voi jäädä jopa alle 10 mm.

Talvivalunnalla tarkoitetaan pysyvän lumipeitteen aikana syntyvää valuntaa, joka on Suomen olosuhteissa pääasiassa pohjavesivaluntaa. Poikkeuksena on eteläiset ja lounaiset rannikkoalueet, joissa saattaa talven aikana esiintyä suojasääjaksoja. Talvivalunnan suuruus on keskimäärin noin 50 mm.

Vuosivalunnan suuruus Suomessa on keskimäärin 250–400 mm. Määrään vaikuttavat vuodenaikasta johtuvien erojen lisäksi alueiden järvisyys, metsäisyys, peltoisuus ja avosoiden määrä. (RIL ry 2003). Järvillä ja avosoilla on valuntaa pienentävä vaikutus, sillä järvet ja suot lisäävät haihduntaa sekä toimivat vesivarastona. (Sovellettu hydrologia 1986). Myös tiheä kasvillisuus vaikuttaa valunnan määriin lisäämällä haihdun-

taa. Puuttomilla alueilla haihtuminen onkin yksinomaan pintakasvillisuuden varassa. (RIL ry 2003). Kokonaisvalunnan määrään vaikuttaa myös paikallinen topografia, sillä suuret maanpinnan kaltevuudet lyhentävät valunnan kertymisaikaa, jonka seurauksena valunnan virtaamahuiput kasvavat. Lisäksi maanpinnan korkeuden kasvu aiheuttaa sadannan lisääntymistä ja haihdunnan pienenemistä, minkä seurauksena valunnan kokonaismäärä kasvaa usein korkeuden funktiona. (Sovellettu hydrologia 1986)

2.1.4 Ilmastonmuutoksen arvioitu vaikutus Suomen hydrologiaan

Osa auringon säteilystä heijastuu yläilmakehän, pilvien ja ilmakehän partikkeleiden johdosta avaruuteen. Ilmakehän läpäisevä säteily sen sijaan absorboituu maanpintaan ja ilmakehään nostaen samalla maapallon pintalämpötilaa. Lämmennyt ilma ja maan pinta säteilevät samalla keskimäärin vastaavan määrän energiaa lämpösäteilynä, jonka ilmakehän niin sanotut kasvihuonekaasut, kuten esimerkiksi hiilidioksidi, heijastavat osittain takaisin. Ilman kasvihuonekaasujen aiheuttamaa kasvihuoneilmiötä maapallon pintalämpötila olisikin keskimäärin nykyisen noin 14 °C sijaan noin -19 °C. Ihmisen toiminnan vaikutuksesta ilmakehän kasvihuonekaasujen määrä on kuitenkin lisääntynyt kiihdyttäen samalla elintärkeätä kasvihuoneilmiötä. Voimistuvan kasvihuoneilmiön on puolestaan todettu aiheuttavan ilmastollisia muutoksia muun muassa maapallon lämpötilan ja sateiden suhteen. (Solomon et al. 2007)

Hallitustenvälisen ilmastopanelin IPCC:n työryhmät ovat vuonna 2000 julkaisussa raportissaan *Special Reports on Emissions Scenarios* kuvailleet skenaarioita ilmastomuutoksen etenemisestä. Skenaarioita on yhteensä 40, jotka yhdessä muodostavat neljä niin sanottua skenaarioperhettä: A1, A2, B1 ja B2. Skenaarioperhe A1 jakaantuu lisäksi teknologisen painotuksen perusteella useampaan alaryhmään. A1T skenaario painottuu ei-fossiilisiin energialähteisiin, A1F1 fossiilisiin energialähteisiin ja A1B näiden kahden välimuotoon.

A1 skenaarioryhmissä maailman taloudellinen kehitys on nopeaa ja tuloerot taasoittuvat. Myös teknologinen kehitys on nopeaa. Väestönkasvu loppuu vuoteen 2050 mennessä yhdeksään miljardiin, minkä jälkeen väestön määrä tippuu seitsemään miljardiin vuoteen 2100 mennessä.

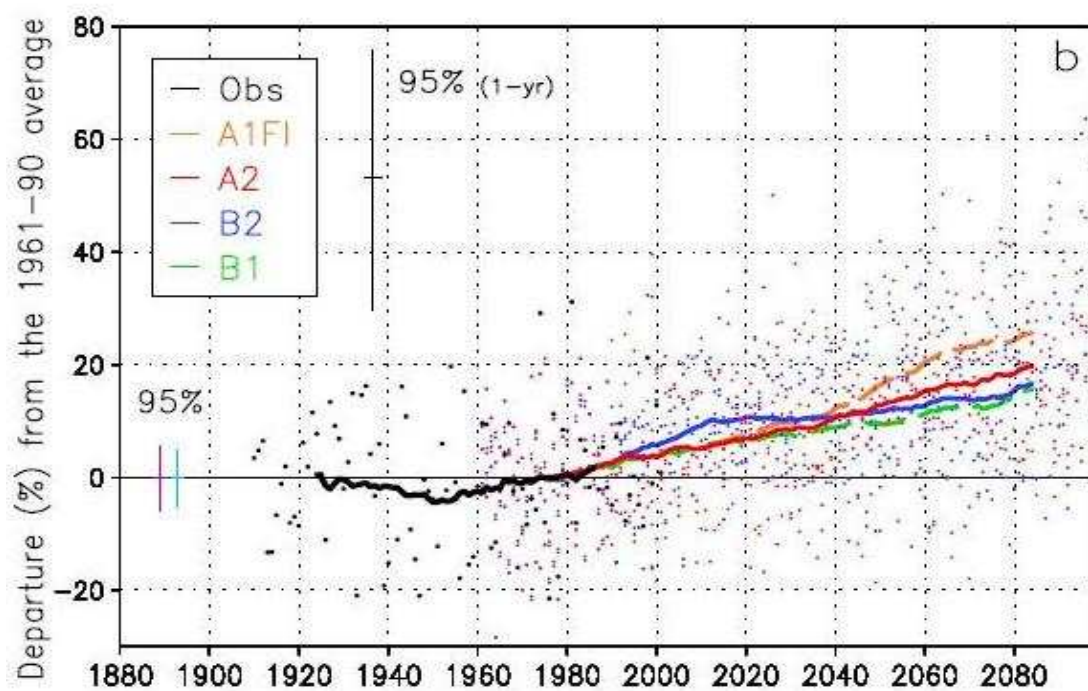
A2 skenaarioperhettä kuvaa maailman jakaantuminen taloudellisiin alueisiin, joita leimaa riippumattomuus toisistaan. Seurauksena alueiden väliset tuloerot eivät taasoitu ja muun muassa teknologinen kehitys on A1-ryhmää hitaampi. Väestönkasvu ei A2 skenaariossa lopu, ja vuoteen 2100 mennessä maapallon väestö on 15 miljardia.

B1 skenaarioperheessä taloudellinen kehitys on yhtä nopeaa kuin A1 skenaariossa, mutta tuottavuuden sijaan panostetaan energiatehokkuuteen, ympäristön suojeluun ja sosiaaliseen hyvinvointiin. Perinteisten energiamuotojen käyttö vähenee hiljalleen kun uusiutuvat energiat kasvattavat suosiotaan. Väestönkasvu kehittyy A1 skenaarion mukaisesti ja teknologinen kehitys on nopeaa.

B2 skenaarioperheessä ympäristö- ja sosiaaliongelmien ratkaiseminen on tärkeässä roolissa, mutta ratkaisut tehdään paikallisesti. Kehityksen suunta on täten riippu-

vainen paikallisista olosuhteista ja päätöksenteosta. Taloudellinen kasvu ja teknologinen kehitys tapahtuu epätasaisesti. (IPCC working groups 2000)

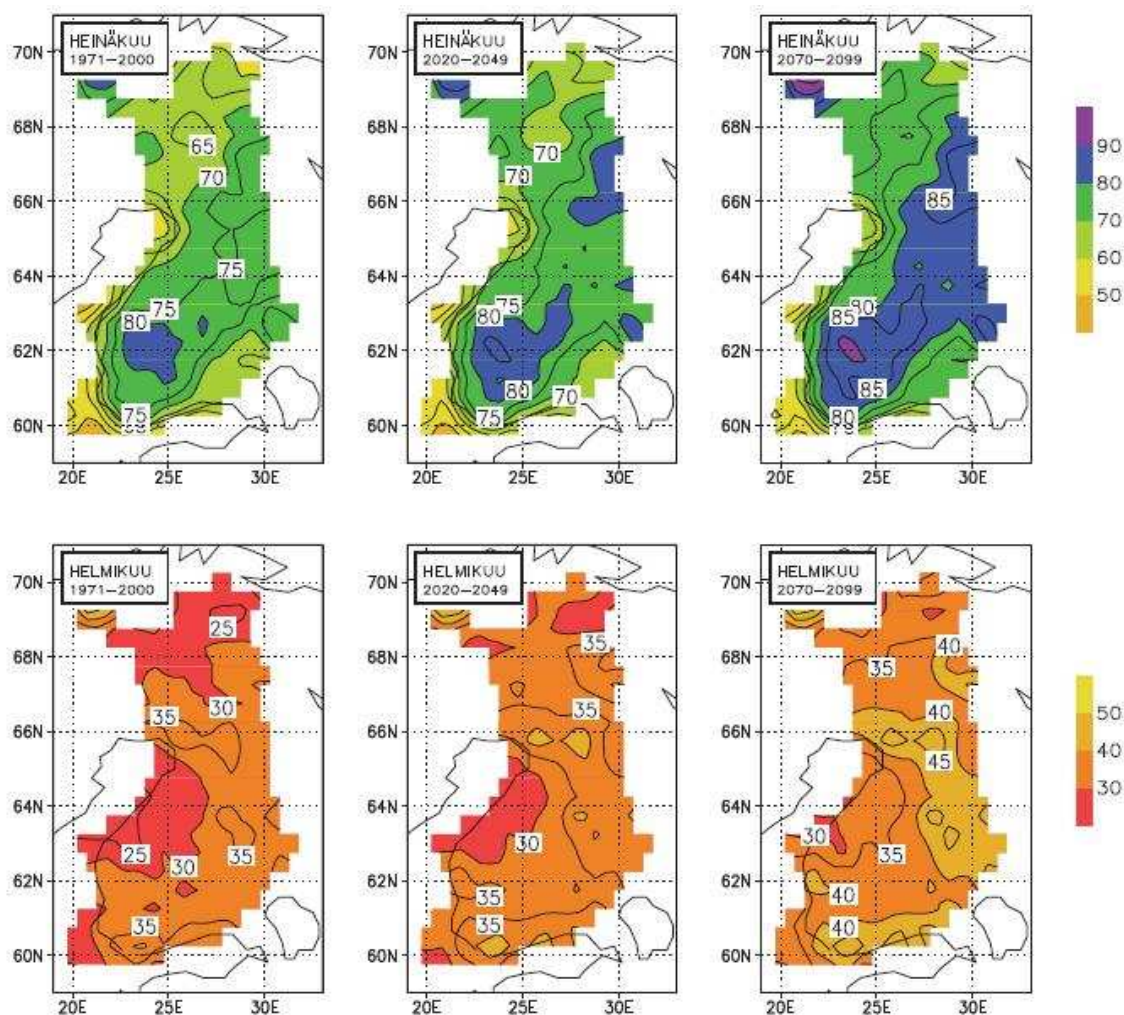
Ilmastonmuutoksesta laadittujen simulaatioiden, SRES päästöskenaarioiden sekä Ilmatieteenlaitoksen keräämän havaintomateriaalin perusteella Jylhä et al. (2004) ovat tutkimuksissaan arvioineet ilmastonmuutoksen vuosittaisia ja vuodenaikaisia vaikutuksia Suomen ilmastoon. Vuosien 1961–1990 aikana kerättyä havaintoaineistoa Suomen lämpötiloista ja sadannasta käytettiin vertailuarvoina ennusteille, jotka ulottuivat vuoteen 2080 saakka. Simulaatioiden perusteella Suomen lämpötilan arvioitiin nousevan noin 1–3 °C vuoteen 2020 mennessä. Vuoteen 2050 mennessä muutokset lämpötilassa ennustettiin olevan jo 2–5 °C ja vuoteen 2080 mennessä 2–7 °C. Vastaavasti sadannan arvioitiin kasvavan vuoteen 2020 mennessä noin 0–15%, vuoteen 2050 mennessä 0–30 % ja vuoteen 2080 mennessä 5–40 %. Vuodenaikoja tarkastellen sadannassa tapahtuvat muutokset ja niiden tilastollinen merkittävyys vaikuttivat olevan suurempia talvella ja vastaavasti pienempiä kesällä. Tuloksien epätarkkuuden voidaan katsoa heijastavan mallinnuksessa ja ennustetuissa päästöskenaarioissa vallitsevaa epävarmuutta sekä osaltaan ilmaston luontaista vaihtelevuutta. (Jylhä et al. 2004). Kuva 4 esittää tutkimustuloksia keskimääräisen vuosisadannan muutoksien suhteen. Kuvaajan eri käyrät edustavat kutakin skenaarioperhettä.



Kuva 4. Suomen vuosittaisen sadannan arvioidut muutokset vuoteen 2080 saakka. Sinisellä ja punaisella käyrällä on esitetty SRES:n A2 ja B2 mukaiset päästöskenaarioiden mukaiset tulokset. Oranssilla ja vihreällä käyrällä on esitetty A1F1 ja B1 skenaarioiden mukaiset ennusteet. Kuvaajan pisteet ilmaisevat yksittäisiä vuosisadantoja, joissa mustat pisteet perustuvat havaintoihin ja värilliset pisteet perustuvat mallinnustuloksiin. (Jylhä et al. 2004)

Hieman uudemmassa julkaisussa, jossa on päivitetty Suomea koskevat ilmastonmuutosskenaariot IPCC:n 4. arviointiraporttia varten, Jylhä et al. (2009) ovat päätyneet samansuuntaiseen arvioon. Arviointien perusteella Pohjois-Euroopassa vaikuttaisi tulevaisuudessa satavan enemmän, Etelä-Euroopassa taas vähemmän. Suomessa lämpötila ja

sademäärä lisääntyvät myös maan pohjoisosissa hieman nopeammin kuin eteläosissa. Maantieteellisten erojen lisäksi on odotettavissa myös ajallisia eroja. Ennusteiden mukaan lämpötilojen ja sadannan muutokset tulevat olemaan talvella suurempia kuin kesällä. Sadannan luonnollinen vaihtelu tekee arvioista kuitenkin epävarman ja esimerkiksi todennäköisyys talvikauden sadannan lisääntymiselle on pienempi kuin vuosisadannan kasvun lisääntymiselle. Kuva 5 esittää ennusteita Suomen sademäärän kasvuille.



Kuva 5. Keskimääräinen sademäärä (mm/kk) heinäkuussa (yläkuvat) ja helmikuussa (alakuvat). Kartat on jaettu ajanjaksoihin, joissa vuosien 1971–2000 sademäärät perustuvat suoriin havaintoihin. Tulevaisuuden sademäärät on saatu kertomalla havaitut arvot mallien ennustamilla sademäärien muutoksilla. (Jylhä et al. 2009)

Parhaan arvion mukaan vuosikymmenen 2011–2020 keskimääräiset sateet tulevat olemaan noin 4 % suuremmat kuin jakson 1971–2000 sadannan keskiarvo. Vuosisatamme puolivälistä eteenpäin ilmastomuutoksen voimakkuus vaihtelee kuitenkin jo selvästi eri päästöskenaarioiden mukaan. Skenaarioista riippuen sademäärien ennustetaankin lisääntyvän 12–22 %. Keskikesän sademäärät kasvaisivat tällöin suurimmassa osassa Suomea 5–10 mm/ kk, saaristossa kuitenkin vähemmän kuin Keski-Suomessa. Tuloksia pitää kuitenkin tarkastella kriittisesti, sillä vaikka kasvihuoneilmaston voimistuminen vaikuttaisikin mallitulosten perusteella kasvattavan sademääriä, voi muutoksen nopeus olla hi-

das. Esimerkiksi lähivuosisikymmenillä kasvu voi hukkaa ilmaston luonnollisen vaihtelun sekaan.

Aaltonen et al. (2008) ovat rankkasateita ja taajamatulvia koskevassa RATU-hankkeessa arvioineet myös lyhytkestoisten sateiden muuttumista. Useiden mallisimulaatioiden perusteella rankkasateiden suhteellisten muutoksien ennustetaan olevan suurempia kuin keskimääräisen sateen suhteelliset muutokset. Esimerkiksi keskimääräiset kesäkauden rankimmat vuorokausisateet kasvaisivat malliarvioiden perusteella 10–30 % ja kuuden tunnin rankimmat sateet 15–40 %. Lyhytkestoisempien rankkasateiden muuttumisesta ei sen sijaan voitu tehdä luotettavia ennusteita.

Rankkasateiden esiintymisen vuodenaikaisvaihtelun ennustetaan myös tasoittuvan kun sateet runsastuvat talvella kesää enemmän. Kesäiset rankkasateet tulevat kuitenkin todennäköisesti pysymään yleisimpinä, sillä ilma on kesäisin lämpimämpää ja täten myös kosteampaa kuin talvella.

2.2 Hulevedet ja niistä aiheutuvat ongelmat

Hulevesille löytyy kirjallisuudesta monia määritelmiä. Tulvariskien hallintaa koskevassa laissa (620/2010) hulevesien määritellään olevan taajaan rakennetuilla alueilla maan pinnalle tai muille vastaaville pinnoille kertyvää sade- ja sulamisvettä. (L 620/2010). Vesi- ja Viemärlaitosyhdistys (2011) puolestaan määrittelee hulevesiksi kaduilta, pihoilta ja katoilta valuvat sade- ja sulamisvedet. Myös kiinteistöjen perustusten kuivatusvedet voidaan johtaa hulevesille tarkoitettuihin hulevesiviemäriin. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2011)

Hulevesien aiheuttamat ongelmat johtuvat yleistyvistä kaupunkimaisesta asu- mistyylisestä, jossa rakennettu ympäristö on muuttanut veden luonnollista hydrologista kiertokulkua. Ongelmat voivat olla määrällisiä, jolloin hulevesien lisääntyneet määrät kasvattavat virtaamahuippuja aiheuttaen ympäristölle ja omaisuudelle mahdollisia vahinkoja. Hulevesiin liittyy myös monia laadullisia ongelmia saasteiden leviämisen ja maisemien pilaantumisen suhteen. (Vakkilainen et al. 2005)

2.2.1 Hulevesien muodostuminen

Hulevesien muodostumiseen vaikuttaa kesäaikaan ennen kaikkea vettä läpäisemättömiin pintojen määrä. Muita hulevesivalunnan muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat sateen intensiteetti ja kesto sekä sadetapahtumaa edeltäneen kuivan ajan pituus. Lisäksi maanpinnan kaltevuudet ja hydrologiset ominaisuudet vaikuttavat hulevesien muodostumisnopeuteen ja määrään.

Valuma-alueella sateesta muodostuva hulevesivirtaama voidaan määritellä seuraavan yhtälön mukaisesti,

$$Q = C * i * A \quad (3)$$

jossa C ilmaisee alueen valumakerrointa eli valunnaksi muuttuvaa osuutta sadannasta. Yhtälön i on sateen intensiteetti eli tietyn aikavälin keskimääräinen sadanta, joka ilmaistaan joko [mm/h] tai [l/s*ha]. Yhtälön A on puolestaan valuma-alueen pinta-ala [ha].

Mitä enemmän vettä läpäisemättömiä pintoja tietyllä alueella on, sitä nopeammin ja runsaammin hulevesivaluntaa kyseisellä alueella muodostuu. Hulevesivaluntaa ei kuitenkaan muodostu välittömästi sateen alkaessa, vaan osa sateesta lätäköityy maanpinnan painanteisiin niin sanotun painannesäilynnän muodossa. Painannesäilyntään kuuluu pintojen kastumiseen ja vettymiseen kuluva vesimäärä sekä erilaisien pintojen epätasaisuuksiin kertyvä vesi. Sateen jatkuessa painannesäilyntä kuitenkin täyttyy, jolloin hulevesivaluntaa alkaa muodostua. Pitkän tai rankan sadetapahtuman aikana hulevesivaluntaa voi alkaa muodostua myös vettä läpäiseviltä pinnoilta, kun kyseisien pintojen vedenvarastointikyky heikkenee. (Kuntaliitto 2011)

2.2.2 Kaupungistuminen

Veden luontainen kiertokulku muuttuu usein rakentamisen seurauksena, kun vettä pidättävä ja veden kokonaishaihduntaa lisäävä kasvillisuus poistetaan rakennuksien tieltä. Rakentamisen myötä taajamien vesitase ei myöskään määräydy enää luonnontilaisen valuma-alueen perusteella, kun taajama-alueisiin tuleva käyttövesi johdetaan usein valuma-alueen ulkopuolelta ja käytöstä poistettu vesi, jätevesi ja osa hulevesistä johdetaan pois valuma-alueelta. (RIL ry 2003)

Vettä heikosti läpäisevien pintojen määrän lisääntyessä hulevesien imeytyminen maaperään heikentyy ja pintavalunnan määrä kasvaa. Valunnan virtausnopeus usein myös nopeutuu, kun rakentamisen yhteydessä maan luonnolliset painanteet tasoitetaan ja maan kaltevuuksia muutetaan. (Suunnittelukeskus Oy. 2007.) Lisääntynyt pintavalunta ja sen tehokas poisjohtaminen aiheuttavat näin hulevesivirtaamien kasvua. (Kuntaliitto 2011). Esimerkiksi kaupunkialueiden pintavalunnan purkupisteissä virtaamamaksimit voivat olla jopa 5–10-kertaisia luonnontilaisiin virtaamiin nähden. (RIL ry 2003). Vettä läpäisemättömien pintojen johdosta pintavesien yhteys pohjavesiin usein myös heikkenee, jolloin vettä imeytyy pohjavesikerrokseen vähemmän. Pohjaveden pinnan alenemisen myötä kuivan kauden virtaamat taajamien vesiuomissa vastaavasti pienenevät, jolloin ero valunnan minimi- ja maksimiarvojen välillä kasvaa. (Kuntaliitto 2011)

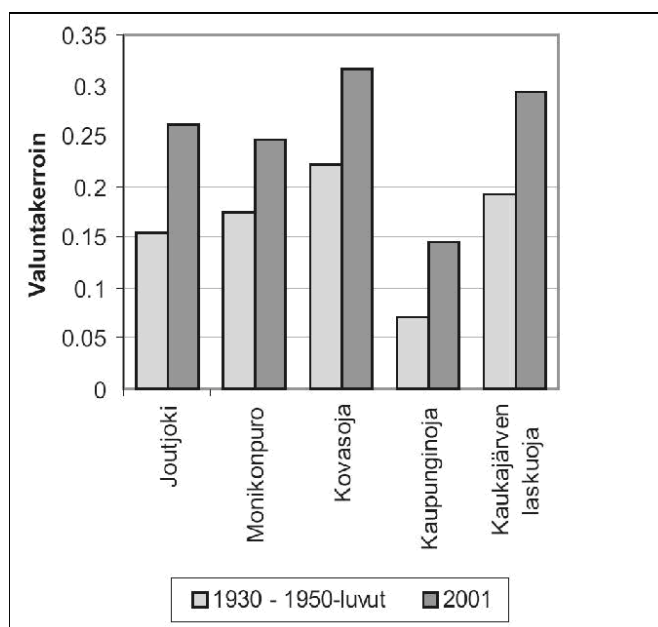
Pohjaveden pinnan lasku saattaa aiheuttaa lisäksi ongelmia maaperän vesitaloudessa ja kasvillisuuden elinoloissa. (RIL ry 2003). Pohjaveden pinnan alenemisen seurauksena hienorakeiset maakerrokset ja niiden varaan perustetut rakenteet saattavat painua ja paalutettujen rakenteiden paalun kuorma voi kasvaa. (RIL ry 2004). Puiset perusrakenteet voivat lisäksi olla vaarassa lahota, jos pohjaveden pinta alenee niin, että rakenteet jäävät kuiviksi. (RIL ry 1987)

Kaupungistumisella on todettu olevan yhteys myös sadannan kasvuun, koska ilmansaasteen lisäävät ilmassa tapahtuvaa vesihöyryn tiivistymistä ja rakennetun ympäristön karkeat pinnat aiheuttavat ilmavirroissa pyörteisyyttä. Myös kohonneella lämpöti-

lalla arvellaan olevan osuutta, koska kaupunkien yläpuolelle kulkeutuu entistä enemmän lämmintä ilmaa. (Vakkilainen et al. 2005)

Kuusisto (2002) on julkaisussaan tutkinut kaupunkirakentamisen hydrologisia vaikutuksia Joutjoen, Monikonpuron, Kovasojan, Kaupunginojan ja Kaukajärven laskuojan valuma-alueilla. Kaikki tutkimusalueet edustivat suurten kaupunkien 1950–1980-luvulla kehittyneitä lähiöalueita. Tutkimuksissa tutkittiin valuma-alueiden maankäytön muutoksia vuosien 1938 ja 2001 välisellä ajanjaksolla muun muassa karttatulkintojen ja ilmakuvien avulla. Tuloksien perusteella todettiin, että kaikilla valuma-alueilla maankäytön intensiteetti oli kasvanut merkittävästi. Myös maankäyttötyyppi oli noin 70 vuoden aikana muuttunut maa- ja metsätalousvaltaisista alueista rakennetuksi kaupunkiympäristöksi.

Reilun 70 vuoden aikana tapahtuneet muutokset maankäytössä olivat aiheuttaneet myös merkittäviä vaikutuksia alueiden hydrologisiin olosuhteisiin. 2000-luvun alkupuolella kaikilla valuma-alueella sijaisi runsaasti suuren valumakertoimen alueita, jotka kasvattivat päällystettyjen pintojen osuutta. Tarkastelukohteesta riippuen eri kohteiden keskimääräisen valumakertoimen arvioitiin reilun 70 vuoden aikana kasvaneen noin 42–103 %. Lisäksi luonnonuomia tarkasteltaessa havaittiin, että purojen uomia oli jokaisella tarkastelualueella muokattu paljon ja luonnonuomaston tiheydessä oli myös tapahtunut pientä vähenemistä. Rakennetut uomat huomioiden uomaston kokonaispituuden voitiin kuitenkin havaita kasvaneen merkittävästi kaikilla valuma-alueilla hulevesiviemäröinnin johdosta. Kuva 6 esittää tutkimuskohteiden valumakertoimien muutokset vuoden 1938 ja 2001 välisenä aikana.



Kuva 6. Joutjoen, Monikonpuron, Kovasojan, Kaupunginojan ja Kaukajärven laskuojan valuma-alueiden valumakertoimissa tapahtuneet muutokset vuosien 1938 ja 2001 välisenä aikana. (Kuusisto 2002)

Kaupungistumisen vaikutuksesta kasvavat hulevesivirtaamat voivat aiheuttaa ongelmia myös kaupunkialueiden ulkopuolella. Luonnonmukaisien purkuojien tulviminen, uomin syveneminen ja juurellisen kasvuston väheneminen voivat heikentää uoman penke-

reiden vakavuutta ja aiheuttaa jopa penkereiden sortumista. Lisääntyneellä hulevesivirtaamalla voi olla myös negatiivinen vaikutus vesieliöistöön ja purkupisteiden sekä niiden alapuolisiin uomiin, jos suuret virtaamat pääsevät huuhtelemaan uomiin vakiintuneen vesieliöistön tai eliöstöä suojaavan kasvillisuuden alavirtaan. Lisäksi hulevesien mukana tuleva sedimentti laskeutuu hitaasti virtaavissa paikoissa ja vesistöjen purkukohdissa tukahduttaen pohjaeliöstöä ja kalojen mätimunia. (US EPA 1990) Eroosion ja sedimentaation seurauksena vesiluonnon monimuotoisuus näin ollen vähenee. (Roesner et al. 2001)

2.2.3 Tulviminen

Hulevesien aiheuttamia taajamatulvia syntyy alueellisen kuivatuskapasiteetin ylittyessä, jolloin vettä pääse kertymään hallitsemattomasti kaduille, pihalle tai muille alueille aiheuttaen vahinkoja. Tulvan syntymiseen ja siitä mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen suuruuteen vaikuttavat muun muassa vettä läpäisemättömien pintojen määrä, täydennysrakentamisen aiheuttama hulevesijärjestelmän lisäkuormitus, merenpinnan taso, jään tai hyyteen aiheuttama mahdollinen padotus, hulevesijärjestelmien kapasiteetin riittämättömyys ja puutteellinen kunnossapito sekä pintavalunnan luontaisien virtausreittien sekä varastointialueiden muuttuminen. Lisäksi mahdollisen ilmastonmuutoksen seurauksena lisääntynyt sadanta voi vaikuttaa tulevaisuudessa esiintyviin hulevesitulviin. (Kuntaliitto 2011). Vaikka rankkasateet voivat osua mihin ja milloin vain, esiintyvät taajamatulvat käytännössä usein heinä-elokuussa (Aaltonen et al. 2008), jolloin usein esiintyy vaikeasti ennustettavia sadekuuroja ja ukkosia. Kuurot saattavat myös maantieteellisesti jakaantua hyvin epätasaisesti, joka omalta osaltaan vaikeuttaa ennusteiden laatimista. (Gaia Group Oy 2005). Taajamatulvat voivatkin kehittyä hyvin nopeasti, jolloin varautumisaikaa on hyvin vähän. Rakennetuilla alueilla tulvan aiheuttamien vahinkojen torjuntaan on lisäksi vähän keinoja, sillä olemassa olevia hulevesiviemäreitä ei yleensä voida vaihtaa suurempaan. (Aaltonen et al. 2008)

Viemäreitä mitoitettaessa määritellään mitoitussade, jolla lasketaan suurin vesimäärä, jonka viemäriverkosto pystyy padottamatta johtamaan pois kuivatettavalta alueelta. (Kuntaliitto 2011). Mitoitussadetta ei valita kuitenkaan kustannussyistä niin suureksi, että hulevesiviemäreiden kapasiteetti riittäisi rankimpienkin sadetapahtumien aikana muodostuvien hulevesien poisjohtamiselle. Harvinaisien rankkasateiden aikana viemäreiden tulviminen ja lyhytaikaisien lammikoiden muodostuminen alaviin kohtiin onkin sallittua. (RIL ry 2004). Tulvimisesta saattaa kuitenkin aiheutua harmia jos alueelle ei ole suunniteltu tulvareittiä, jolloin tulvivat hulevedet löytävät oman, usein ihmisen toiminnan ja rakennetun ympäristön kannalta vahingollisen tulvareitin eteenpäin. (Kuntaliitto 2011)

Merkittäviä tekijöitä viemäriverkon tulvimisen kannalta ovat verkoston rakenne ja tyyppi, eli onko kyseessä sekaviemärointi vai onko sadevedet ja jätevedet viemäroity erikseen erillisviemäröinnillä. Verkostoja pitkin rakennuksiin etenevä tulva esiintyy tyypillisesti sekaviemäroinnin yhteydessä, mutta on myös mahdollista erillisviemäriver-

kostossa. Tällöin jätevesiviemäriin voi tulla myös runsasta hulevesivirtaamaa esimerkiksi vuotojen tai luvattomien hulevesiliittymien kautta. Jätevesiverkoston kannalta ongelmia voi syntyä myös verkoston korkeusasemaltaan matalissa paikoissa, jotka ovat pumppaamoiden varassa. Pumppaamoiden kapasiteetti voi rankkasateiden aikana ylittyä, jolloin laimentunutta jätevettä virtaa ympäristöön, jos varoaltaita ei ole käytössä. (Lonka et al. 2008). Sekaviemäröinnin yhteydessä runsas hulevesivirtaama voi aiheuttaa myös jätevedenpuhdistamoiden puhdistuskapasiteetin ylittymisen, jolloin kaikkia jätevesiä ei voida puhdistaa riittävän hyvin. (Vikman et al. 2006)

Tulvia saattaa myös syntyä, jos maanpinnalla virtaava hulevesi ei pääse olemassa olevaan hulevesiverkostoon. Esimerkiksi keväällä jää ja sohjo tukkivat helposti ritaläkaivot, jolloin vettä alkaa lammikoitua. Syksyisin vastaavan ongelman aiheuttavat puista putoavat lehdet. Myös hulevesikaivoihin ja -viemäriin kertyvä hiekka ja roskat voivat aiheuttaa verkoston kapasiteetin heikkenemistä, jos kaivojen sakkapesiä ei tyhjennetä. (Kuntaliitto 2011). Hulevesien pääsy kuivatusjärjestelmiin heikentyy myös, jos viemäreiden ritaläkaivot on sijoitettu väärin paikkoihin. (Suunnittelukeskus Oy 2007). Kuvassa 7 on esitetty tukkeutuneesta ritaläkaivosta aiheutunut hulevesitulva Tampereen Hervannassa.



Kuva 7. Tukkeutunut ritaläkaivo on saanut kadun lammikoitumaan Tampereen Hervannassa.

Hulevesitulvat aiheuttavat kiinteistöille tyypillisesti puhdistustoimenpiteitä, lattiapäällysteiden ja seinäpintojen uusimista, rakenteiden pitkäaikaista kuivatusta sekä irtaimiston uusimistarvetta. Yleisillä alueilla tulviminen voi puolestaan vaurioittaa rakennettua ympäristöä ja aiheuttaa eroosiota sekä liata ympäristöä. Lisäksi tulvat voivat aiheuttaa vaaratilanteita liikenteessä, jos katurakenteet vaurioituvat tai viemärikaivojen kannet siirtyvät pois paikoiltaan. (Suunnittelukeskus Oy 2007)

2.2.3.1 Suomessa esiintyneet hulevesitulvat

Suomessa esiintyy käytännössä joka vuosi rankkasateiden aiheuttamia hulevesitulvia, joista aiheutuu vahinkoja muun muassa vesien valuessa kellareihin. Haitalliset tulvat

ovat yleisiä taajamissa, sillä kaupunkialueen hulevesirakenteita ei suunnitella johtamaan pois kaikista rankimpien sateiden vesiä. (Aaltonen et al. 2008)

31.7.2003 Vaasassa koettiin kova ukkosmyrsky, jonka seurauksena keskustassa satoi 20 mm yhden tunnin aikana. Kyseinen sadetapahtuma vastasi näin ollen karkeasti Aaltonen et al. (2008) julkaisun mukaista, kerran viidessä vuodessa toistuvaa, yhden tunnin sadetta. Myrsky repi irti oksia ja lehtiä, jotka lopulta tukkivat sadevesiviemärit. Myös maaperä oli pitkään edeltäneen kuivuuden jälkeen erittäin huonosti vettä läpäisevä. Osatekijöiden summana runsas sade aiheutti hulevesiviemäriverkoston ja kiinteistöjen viemäreiden ylikuormittumista, jonka johdosta vettä lainehti kaduille ja syöksyi kellaritiloihin. Hulevesitulvasta seurasi vahinkoja muun muassa muutamissa liikekiinteistöissä ja asuintalojen kellaritiloissa. Vahinkojen rahalliseksi arvoksi arvioitiin yhteensä noin 70 000 – 150 000€. (Vikman et al. 2006)

28.7.2004 Riihimäellä satoi viiden vuorokauden aikana noin 152 mm. Runsaan vesisateen lisäksi kaupungin vieressä kulkevien Vantaanjoen ja Herajoen vedenpinta oli jokien yhtymäkohdassa noussut jopa 2,5m, minkä seurauksena jo valmiiksi ylikuormittuneen sekaviemäriverkoston viemärivertaus kulki väärään suuntaan. Tulvavesi aiheutti vahinkoja muun muassa kiinteistöissä, joihin viemäriveresi pääsi nousemaan. (Gaia Group Oy 2005)

Elokuussa 2004 voimakas rankkasade aiheutti Ylivieskassa kaupunkitulvan, josta aiheutui lukuisia vahinkoja yksityisille kiinteistöille ja talonyhtiöille sekä Ylivieskan kaupungille. Kahden tulvapäivän aikana Ilmatieteenlaitoksen havaintoasemalla havaittiin 68,5 millimetrin sadesumma ja epävirallisten mittauksien mukaan sadesummat olivat jopa yli 100 millimetriä. Tulvan syntymisen merkittävimmit syiksi ilmenivät myöhemmin ritiläkaivojen ja avouomien tukkeutuminen sekä joidenkin pumppaamoiden liian pieni kapasiteetti. Lisäksi lukuisien hulevesikaivojen sakkapesät olivat täynnä aiheuttaen viemäreiden tukkeutumisia. (Kajanus et al. 2006)

Vöyrin ja Oravaisten alueella sattui myös elokuussa 2004 tulva, kun 3.8.2004 runsas sade sai Vöyrinjoen ja Kimojoen tulvimaan. Tuolloin vuorokauden aikana mitattiin noin 140 – 180 mm:n sademääriä. (Gaia Group Oy 2005)

Porissa poikkeuksellisen rankka sade aiheutti 12.8.2007 vahingoiltaan Suomen suurimman kaupunkitulvan. Arvioiden mukaan vettä satoi noin kolmen tunnin aikana paikoin jopa 100–125 mm, joka vastasi arvioiden mukaan kerran 100–300 vuodessa toistuvaa sadetapahtumaa. Hulevedet saivat sekaviemäri- ja erillisviemäriverkostot nopeasti tulvimaan kun verkoston kapasiteetti ylittyi. Vahinkoja aiheutui muun muassa lukuisille kiinteistöille ja katujen päällysrakenteille sekä kaduille ja alikulkuihin pysähtyneille ajoneuvoille. Taloudellisia vahinkoja arvioitiin aiheutuneen yhteensä yli 20 miljoonan euron edestä. Vakavilta henkilövahingoilta kuitenkin välttyttiin. (Porin kaupunki 2007)

Helsingin kaupunkia koettelivat 22.8.2011 kovat rankkasateet, joiden johdosta viemäreitä tukkeutui ja katuja joutui veden valtaan. Helsingin pelastuslaitokselle tuli noin 50 hälytystä kahden tunnin sisään, kun vettä pääsi muun muassa rakennuksien kellareihin. Sade myös häiritsi paikoitellen tieliikennettä sekä bussi- ja raitioliikennettä, kun raitio-

vaunu suistui kiskoilta, ja linja-autot joutuivat ajamaan poikkeusreittejä muun muassa Pitäjänmäessä. (Helsingin Sanomat 2011). Kuvassa 8 on esitetty Helsingissä 22.8.2011 sattuneiden rankkasateiden aiheuttama tulvatilanne.



Kuva 8. Palokunta joutui Helsingissä syksyllä 2011 avaamaan viemäreitä rankkasateiden aiheuttaman hulevesitulvan vuoksi. Kuvassa Paciuksenkadun ja Huopalahdentien risteys. (Helsingin Sanomat 2011)

Tulvahetkellä Kaisaniemen mittausasemalla mitattiin sadetta 39 mm tunnin sisään. (Ilmatieteenlaitos 2012). Sadetapahtuma vastasi näin ollen karkeasti Kilpeläinen et al. (2008) tutkimuksissa saatuja tuloksia kerran sadassa vuodessa toistuvalla, yhden tunnin pituisella rankkasadetapahtumalla.

2.2.4 Hulevesien laadulliset ongelmat

Kaupunkimainen ympäristö vaikuttaa usein heikentävästi myös hulevesien laatuun, sillä valumavesiin pääsee sekoittumaan muun muassa liikenteen ja teollisuuden epäpuhtauksia. Myös jätteiden käsittely, eläimien jätökset ja rakennukset ovat saasteiden mahdollisia epäpuhtauksien lähteitä. Kaupunkialueilla esiintyvien päästöjen lisäksi hulevesien laatuun vaikuttavat luonnollisten, pintavesiä puhdistavien elementtien, kuten avo-ojien, lammikoiden ja kosteikkojen, vähäinen määrä. (Vakkilainen et al. 2005)

Hulevesien sisältämien epäpuhtauksien määrä vaihtelee kuitenkin paljon maankäytöltään erilaisten alueiden välillä. Esimerkiksi asuinalueiden hulevesissä ilmenee vähemmän metalleja ja orgaanista hiiltä kuin muissa kaupunkialueen hulevesissä. Vastaavasti fosforia ja bakteereita asuinalueiden hulevesissä esiintyy enemmän kuin muualla. (Jormola et al. 2003). Epäpuhtauksien määrään vaikuttaa myös päällystettyjen pintojen määrä. Mitä isompi osa tietyistä alueista on päällystetty, sitä enemmän kyseisen alueen hulevedet sisältävät kiintoainesta ja kokonaisfosforia. Maankäytön lisäksi myös vuodenaajat vaikuttavat hulevesien laatuun. Tehokkaasti rakennetuilla alueilla hulevedet ovat epäpuhtaimmillaan keväällä, kun lumet sulavat. Tällöin kuitenkin kokonaistypen määrä on hulevesissä suurimmillaan. (Kotola et al. 2003)

Vakkilainen et al. (2005) mukaan lyhyen ajan tarkastelussa hulevesien laatu on puolestaan heikoimmillaan sadetapahtuman alussa, kun sadevesi huuhtoo päällysteille ja muille vettä läpäisemättömille pinnoille kertyneen lian. Ilmiötä kutsutaan niin sanotuksi alkuhuuhtoumaksi. Hulevesien merkitys vesistöjen pilaajana on kasvanut sitä mukaa, kun teollisuuden ja asutuksen jätevesien käsittely on tehostunut. Esimerkiksi orgaaniset yhdisteet voivat kuluttaa vesistön happea hajotessaan ja suuret ravinnepitoisuudet haittaavat eteenkin ekosysteemin toimintaa. Lisääntyneet bakteeripitoisuudet voivat lisäksi aiheuttaa tautivaaran. (Vakkilainen et al. 2005)

2.3 Hulevesien hallintamenetelmät

Hulevesien hallintaan on olemassa monia eri keinoja. Perinteisesti hulevedet on johdettu pois hulevesiviemäröinnillä ja avo-ojilla sekä vanhojen kaupunkien tiheään rakennetuilla keskusta-alueilla sekaviemäröinnin avulla. (Aaltonen et al. 2008). Viemäröinnistä aiheutuvien haittojen vähentämiseksi on kehitetty myös vaihtoehtoisia hulevesien hallintamenetelmiä, jotka jäljittelevät veden luontaista kiertoa. Näitä luonnonmukaisia menetelmiä edustavat muun muassa erilaiset hulevesien viivyttämis- ja imeytysmenetelmät. (Vakkilainen et al. 2005). Hulevesien johtaminen sekä hulevesien määrällinen ja laadullinen hallinta tulisi kytkeytyä toinen toisiinsa. (Kuntaliitto 2011). Oman olennaisen panoksensa hulevesien hallintaan antaa myös maankäytön suunnittelu, jolla voidaan jo varhaisessa vaiheessa osoittaa maankäytön muutoksien vaikutuksia suunniteltavan alueen hydrologiaan. (Lonka et al. 2008)

2.3.1 Hulevesien johtaminen

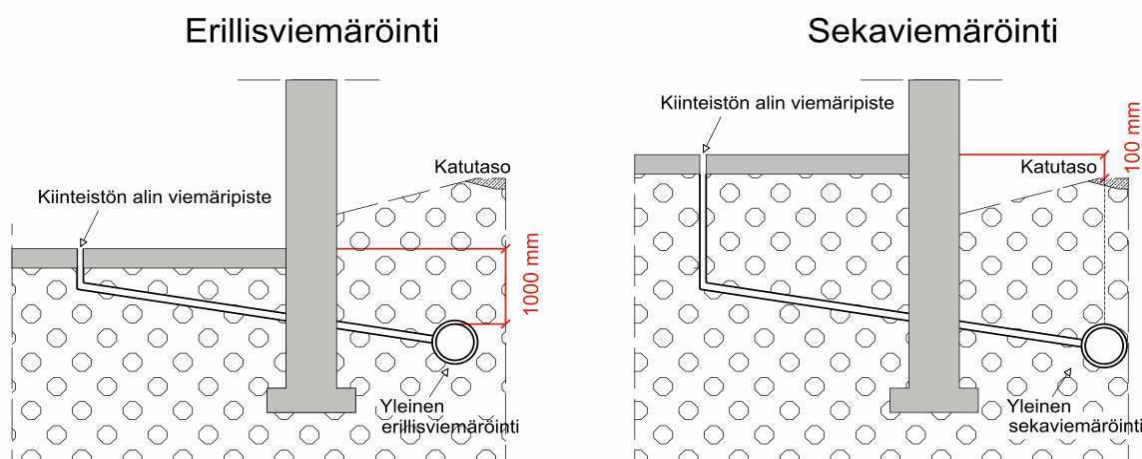
Hulevesien poisjohtaminen tapahtuu perinteisesti erilaisien viemäröintijärjestelmien avulla. Suomessa tiheään rakennetuilla kaupunkien keskusta-alueilla on varsin yleistä, että hule-, jäte- ja kuivatusvedet johdetaan pois samoissa putkissa, jolloin eri vesijakeet ovat toisiinsa sekoittuneina. Kyseistä viemäröintijärjestelmää kutsutaan sekaviemäröintijärjestelmäksi, ja se on Suomessa aikaisemmin ollut pääasiallinen viemäröintijärjestelmä. Sekaviemäreissä virtaavan veden määrä voi hulevesien takia vaihdella suuresti. Tästä johtuen viemärin kapasiteetin ylittävä virtaama johdetaan tulvakynnysrakenteiden avulla suoraan vesistöön, jotta voidaan välttää viemäriveden tulviminen kaduille tai kiinteistöihin. Jotta tulvavesien aiheuttama ympäristön kuormitus ei olisi liian suuri, suunnitellaan tulvakynnykset niin, etteivät ne päästä jätevettä vesistöön ennen kuin viemäreiden virtaama on 5–10-kertainen kuivan sään virtaamaan verrattuna. Tällöin vesistöön joutuu mahdollisimman vähän puhdistamatonta jätevettä.

Sekaviemäröintiä kalliimpi vaihtoehto on erillisviemäröinti, jossa jätevedet johdetaan omissa putkissa ja hulevedet omissa erillisissä putkistoissa tai avoviemäreissä. Erillisviemäröinti on yleistynyt viemäröitävien alueiden kasvaessa, jolloin sekaviemäroityihin alueisiin on liitetty erillisviemäreillä varustettuja alueita. Myös vesiensuojelun kannalta erillisviemäröinti on hyvä ratkaisu, koska puhdistamatonta jätevettä ei jouduta

rankkasateiden aikana johtamaan tulvakynnysten yli vesistöihin. Erillisviemäröinti on edullisinta, kun se voidaan toteuttaa avo-ojajärjestelmillä.

Suomessa hulevesijärjestelmien mitoittavana tekijänä on sateista aiheutuva virtaama tai vesimäärä, sillä ne ovat paljon suurempia kuin lumen sulamisesta aiheutuvat virtaamat. Viemäreiden mitoituksessa käytetään mitoitusadetta, jonka suuruuteen vaikuttavat sateen rankkuus, kesto-aika ja toistuvuus, viemäritävän alueen laatu sekä alueella olevat rakenteet, jotka voisivat kärsiä mahdollisista tulvista. Myös valuma-alueen koolla ja olemassa olevalla viemäröintijärjestelmällä on merkitystä. Suomessa hulevesiviemärin mitoitusadetta kestoajaksi on valittu usein 10–15 min ja sateen toistuvuus on 1–3 vuotta. (Aaltonen et al. 2008.) Hulevesiputkien mitoitus tehdään Suomen Kuntatekniikan Yhdistyksen (2003) mukaan kerran kahdessa vuodessa toistuvalla rankkasateella, joka on kestoltaan 10 minuutin pituinen ja rankkuudeltaan 125 l/s/ha. Jos kyseessä on sekaviemäröintijärjestelmä, on mitoitusadetta toistuvuus kolme vuotta. Suomen rakennusmääräyskokoelmassa D1 (2007) kiinteistöjen hulevesiviemäreiden mitoitusadetta arvoksi on puolestaan ilmoitettu arvo $0,015 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$, jonka lisäksi tulvimisen paikallisuudesta riippuen ja paikallisen viranomaisen luvalla voidaan käyttää myös arvoja $0,01 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ tai $0,02 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$.

Tonttien viemäreiden liittämässä yleiseen viemäröintiin tulee huomioida niin sanottu padotuskorkeus, jolla tarkoitetaan korkeustasoa, jolle vesi saa viemäriverkostossa hetkellisesti nousta. Viemäriin liittyvien rakennusten alimman lattiatason on näin ollen oltava kyseisen korkeuden yläpuolella tai padotuskorkeuden alapuoliset kiinteistön osat tulee suojata itsestään toimivalla padotusventtiilillä tai pumppaamalla. Padotuskorkeus on erillisviemäröinnin osalta 1000 mm viemärin laen tasokorkeudesta tonttivilmäriin liittymiskohdassa. Sekaviemärijärjestelmässä padotuskorkeus on puolestaan 100 mm kadun pinnan yläpuolella. (D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007). Kuvassa 9 on havainnollistettu erillisviemäröinnin ja sekaviemäröinnin padotuskorkeutta.



Kuva 9. Sekaviemäröinnissä ja erillisviemäröinnissä käytettävä padotuskorkeus. (Perustuen: D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007)

Hule- ja sekaviemärijärjestelmien lisäksi hulevesiä voidaan johtaa avo-ojilla, joilla voidaan johtamisen lisäksi imeyttää ja varastoida hulevesiä. Perinteisesti avo-ojat ovat syviä ja jyrkkäluiskaisia, jolloin niihin on voitu johtaa myös rakennetun ympäristön sala-

ojavesiä. Avo-ojat vaativat usein paljon tilaa ja jyrkkäluiskaisissa ojissa voi lisäksi olla eroosio- ja sortumariskejä, jos ojien kunnossapidosta ja eroosiosuojauksesta ei huolehdita. Avo-ojilla on kuitenkin monia hyviä ominaisuuksia hulevesien viivyttämisen ja virtaamien tasaamisen muodossa.

Jos avo-ojista tehdään matalia, loivaluiskaisia rakenteita, voidaan puhua painanteista, joita ei ole tarkoitettu rakenteiden peruskuivatukseen. Hulevesien painanteissa voidaan pintavalunnan johtamisen lisäksi toteuttaa hulevesien imeytystä, suodatusta ja viivytystä. Painanteisiin voidaan rakentaa myös pohjapatoja tai kynnyksiä, joilla hulevesiä voidaan tehokkaasti hidastaa.

Tilanpuutteessa hulevesiä voidaan johtaa myös rakennetuissa kanavissa, jotka voidaan sijoittaa esimerkiksi katualueen reunaan. Kanavat rakennetaan usein betonista tai kivistä, jolloin niiden vedenjohtokyky on vähäisen karkeuden vuoksi hyvä. Vähäisen hulevesimäärien johtamiseen voidaan myös käyttää hulevesikouruja, joista on saatavilla useita valmiita rakennustuotteita. Kouruja voidaan käyttää esimerkiksi kiinteistöjen kattovesien ja pysäköintialueiden hulevesien johtamiseen. Suurempien hulevesimäärien johtamisessa voidaan käyttää myös rakennettuja uomia tai noroja, jotka luonnonuomien tapaan voivat olla mutkittelevia ja niihin voi liittyä levennyksiä, lampia, tulvatasanteita ja kasvillisuutta. Rakennetut norot soveltuvat hulevesien pääpurkureiteiksi, ja ne sijoituvat usein virkistysalueille. (Kuntaliitto 2011)

2.3.1.1 Tulvareitit

Hulevesijärjestelmien kapasiteetin ylittyessä hulevesitulvia voidaan hallita tultareittien avulla. Tällöin pyritään estämään tulvista aiheutuvien vahinkojen syntyminen riskikohteiden läheisyydessä ja johtamaan vedet nopeasti ja hallitusti purkuvesistöön tai turvallisimmille tulvimisalueille. Tultareitit voivat koostua erilaisista hulevesien johtamisjärjestelmistä, jotka liittyvät käytännössä kaikkiin muihinkin hulevesien hallintajärjestelmiin. Tultareittinä voi toimia esimerkiksi katukiveyksen kouru, viheralueen painanne tai reunakiveetty ajorata.

Tultareitit mitoitetaan muihin hulevesien hallintajärjestelmiin verrattuna selvästi harvemmin toistuville sadetapahtumille. Tyypillinen toistuvuus on esimerkiksi kerran 50, 100 tai jopa kerran 200 vuodessa toistuva sadetilanne. Hyväksyttävä tulvimisen toistuvuus tulee kuitenkin aina arvioida kohteen riskitason perusteella.

Tultareittisuunnittelu tulee toteuttaa osana maankäytön yleistä hulevesisuunnittelua laatimalla kohteen valuma-alueelle niin sanottu tultareittitarkastelu. Kyseisessä tarkastelussa selvitetään hulevesien kulkureitit tulvatilanteissa ja määritellään todennäköisimmät ongelmakohdat eli katuja tai viheralueita alempana olevat tontit ja alikulut. Tarkastelu on syytä ulottaa purkuvesistöön tai alueeseen, jossa tulvavedet eivät aiheuta ongelmia. Tarkastelun tuloksena syntyy niin sanottu tultareittikartta, jossa esitetään veden kulkureitit sekä potentiaaliset riskikohteet. (Kuntaliitto 2011)

2.3.2 Hulevesien määrällinen ja laadullinen hallinta

Hulevesien määrälliseen ja laadulliseen hallintaan on olemassa lukuisia menetelmiä, joissa esimerkiksi luonnon omia prosesseja käytetään hyväksi. Luonnonmukaisilla hulevesien hallintamenetelmillä voidaan myös ylläpitää pohja- ja pintavesivarastoja sekä lisätä asuinympäristön viihtyisyyttä ja ekologisuutta. (Vakkilainen et al. 2005). Hulevesien kokonaismäärän hallinnalla on lisäksi mahdollista ennallistaa veden hydrologista kiertoa rakennetuilla alueilla. Määrällisen hallinnan menetelmiin lukeutuu muun muassa hulevesien viivytys ja imeytys, joilla saadaan usein aikaiseksi myös hulevesien laadullista parannusta. (Kuntaliitto 2011)

2.3.2.1 Hulevesien vähentäminen

Hulevesien kokonaismäärää voidaan vähentää esimerkiksi imeyttämisen ja haihduttamisen avulla, jolloin pintavalunnasta osa siirtyy ilmakehään tai osaksi pohjavettä. Hulevesien imeytyksessä tulee aina kuitenkin huomioida maaperän vedenläpäisevyys sekä pohjaveden pilaantumisen riski. Imeytys soveltuukin lähinnä vettä vähintään kohtalaisesti läpäiseville maaperille ja puhtaille hulevesille.

Hulevesien imeytys voidaan toteuttaa muun muassa läpäisevällä päällysteellä, jossa päällysteen läpäisevä vesi varastoituu ensin alapuolisiin pinta- ja rakennekerrokseen, minkä jälkeen se imeytyy lopulta maaperään tai johdetaan salaojituksen avulla eteenpäin. Läpäisevä päällyste voidaan toteuttaa muun muassa rei'itetyllä betonilaatalla, harvalla kiveyksellä tai läpäisevällä asfaltilla.

Imeyttämistä voidaan toteuttaa myös maanalaisilla tai maanpäällisillä imeytyskaivannoilla, jotka täytetään jollain huokoisella täytemateriaalilla, kuten kiviaineksella. Suurien hulevesimäärien imeyttämiseksi voidaan käyttää myös muovisia hulevesikasetteja, joilla vettä voidaan varastoida yli 90 % kasettien kokonaistilavuudesta. Muita imeytysmenetelmiä ovat imeytyspainanteet, jotka muistuttavat hulevesien viivytyspainanteita. Erona kuitenkin on, että viivytyspainanteissa hulevesien imeytymistä ei pyritä tehostamaan rakentamalla imeytys- ja varastointikerrosta. (Kuntaliitto 2011)

Riippuen maaperän laadusta imeytyksellä voidaan aikaansaada myös hulevesien laadullista paranemista. Erityisesti savi- tai humusperäisillä maa-aineksilla on suuri kyky pidättää veden sisältämiä haitallisia aineita ja ravinteita. (Vakkilainen et al. 2005).

Hulevesien vähentämistä voidaan toteuttaa myös viherkatoilla, jotka viivyttävät ja vähentävät hulevesien määrää sadeveden suodattuessa, imeytyessä ja haihtuessa kasvillisuuden transpiraation kautta. Viherkatto voi olla ekstensiivinen, eli kerrospaksuudeltaan ohut, tai intensiivinen, eli kerrospaksuudeltaan paksu. Varsinaisen katon tiiviyteen ja kantavuusvaatimuksiin on aina kiinnitettävä erityistä huomiota. Perinteisesti viherkatto on turvekatto tai joku sen muunnelma, jossa vesi valuu kasvien pintaa pitkin ja turpeen läpäisevä vesi valuu kasvillisuuden alapuolella olevan kerroksen läpi räystäälle. Viherkatot soveltuvat kaikille kattokaltevuuksille mutta toimivat parhaiten loivilla kattokulmilla. Rakenteeltaan noin 50 mm paksuinen viherkatto pidättää vuotuisesta sademäärästä jopa puolet. (Eskola et al. 2010). Rankkasateiden aikana viherkatot pysty-

vät puolestaan hidastamaan kattopinnoilta syntyvän valunnan alkamista, kunnes kattorakenteen vedenpidätyskapasiteetti ylittyy. Viherkaton vedenpidätyskapasiteetin ylittyessä sadanta muuttuu lähes välittömästi valunnaksi, mutta katolta tuleva valunta ilmenee kuitenkin perinteisiä kattorakenteita hitaampana. (Bergage et al. 2009). Vastaavasti keväisin lumen sulaamisesta muodostuva valunta on viherkatoilla hidasta, koska lumi sulaa katolta kahdessa vaiheessa. Ensin sulaa suhteellisen nopeasti katon päällä oleva lumi, minkä jälkeen viherkaton kasvukerros jatkaa hidasta sulamista. (Teemusk et al. 2007)

2.3.2.2 Viivytytys

Hulevesien viivytyksen tarkoituksena on pienentää hulevesivirtaamia, jolloin vähennetään hulevesijärjestelmien alapuolisten purkureittien eroosiota ja tulvimisriskiä. Useisiin viivytyksmenetelmiin liittyy myös kasvillisuuden vaikutuksesta tapahtuvaa puhdistumista.

Tyypillisimmät hulevesien viivytyksmenetelmät ovat viivytykskosteikot tai lammikot sekä hulevesien viivytyspainanteet. Kappaleessa 2.3.1 mainitut painanteet soveltuvat myös viivyttämiseen ja niitä voidaan sijoittaa esimerkiksi asuinalueille, tai käyttää jopa kiinteistökohtaisina hulevesien hallintamenetelminä. Viivytyspainanteissa hulevesien lyhytaikainen lammikoituminen on sallittua, mutta painanteen tulee kuitenkin tyhjentyä muutaman vuorokauden aikana painanteessa olevan purkuputken tai patorakenteen kautta. Kuvassa 10 on esitetty Tampereen Muotialassa sijaitseva hulevesien viivytyspainanne.



Kuva 10. Hulevesien viivytyspainanne Tampereen Muotialassa.

Hulevesilammikot ja -kosteikot soveltuvat sen sijaan laajojen valuma-alueiden hulevesien hallintaan, ja ne sijoitetaan usein virkistysalueille olemassa olevien ojien tai no-

rojen yhteyteen. Viivytysslammikot ovat usein pysyvän vedenpinnan omaavia altaita, joilla paitsi tasataan hulevesien virtaamaa ja virtausnopeutta, myös puhdistetaan hulevesiä kasvillisuuden, laskeutuksen ja mikro-organismien hajotustoiminnan avulla. Vastaa- vat puhdistusmekanismit vallitsevat myös viivytystekosteikoissa, joissa on usein kuitenkin lammikoita matalampi vesisyvyys ja monipuolisempi kasvillisuus. Sekä viivytyss- lammikoissa että -kosteikoissa tulee olla purkurakenne, jolla säädetään viivytystilavuut- ta ja purkautuvan veden määrää. (Kuntaliitto 2011). Hulevesien puhdistumisen kannalta parempi ratkaisu on pysyvä vesiallas, jossa hulevesien tulovirtaamat eivät huuhto- van altaan pohjalta pohjasedimenttiä ja veden viipymät ovat lisäksi pitempiä veden si- sältämän kiintoaineksen laskeutumiseen. Näin ollen viipymän tulisi olla vähintään yhtä suuri kuin hulevesien sisältämien partikkeleiden laskeutumisaika. (Vakkilainen et al. 2005). Viivytystilavuuden tulisi hulevesilammikoissa ja -kosteikoissa kuitenkin tyhjen- tyä viimeistään kahden vuorokauden kuluessa täyttymisestään, jotta järjestelmät olisivat käytössä seuraavankin sadetapahtuman aikana. (Kuntaliitto 2011)

2.3.2.3 Hulevesien käsittely

Hulevesien viivyttämällä ja imeyttämällä saadaan aikaan myös hulevesien laadullista parantumista muun muassa epäpuhtauksien laskeutumisen ja suodattumisen ansiosta. Biosuodatuksessa, eli hulevesien suodattaessa kasvillisuuden peittämän maaperän läpi, hulevedet puhdistuvat muun muassa sedimentoitumisen, suodatuksen, sorption ja epä- puhtauksien biologisen pidättymisen kautta. Biosuodatus edellyttää maaperältä riittävää vedenläpäisevyyttä, joten kasvillisuudella on tärkeä merkitys myös maaperän huokoi- suuden säilyttämisessä. Tutkimuksien mukaan biosuodatuksen avulla voidaan tehok- kaasti pidättää hulevesien sisältämiä kiintoainesta ja raskasmetalleja. Lisäksi ravinteiden, kuten fosforin poistossa voidaan saavuttaa positiivisia tuloksia, jos suodattava maaperä sisältää entuudestaan vähän fosforia. Typen tehokas poisto riippuu sen sijaan tutkimuksien mukaan merkittävästi suodatuksen yhteydessä olevan kasvillisuuden mää- rästä ja laadusta. (Hatt et al. 2009)

Luonnonmukaisten hulevesien käsittelymenetelmien lisäksi on olemassa myös rakenteellisia järjestelmiä, joilla voidaan erotella hulevesien sisältämiä epäpuhtauksia. Tehdasvalmisteisissa öljyn- ja hiekanerottimissa vedestä erottuu ensimmäisenä hiekka ja liete, minkä jälkeen öljy ja vesi erottuvat toisistaan. Järjestelmässä tulee aina olla ohi- virtausjärjestelmä, jolla ehkäistään erottimeen kertyneen öljyn ja kiintoaineen huuhtou- tuminen. Öljyn- ja hiekanerotinjärjestelmät tulee sijoittaa muiden hulevesijärjestelmien yläpuolelle, jotta hulevesien epäpuhtauksien leviäminen voidaan estää. (Kuntaliitto 2011). Erotinjärjestelmillä voidaan lisätä hulevesien imeytysmahdollisuuksia, kun poh- javeden pilaantumisriskiä saadaan vähennettyä. (Lonka et al. 2008)

2.3.3 Hulevesisuunnittelu

Kaavoituksella on keskeinen rooli hulevesien hallinnan kannalta, sillä kaikessa kaavoi- tustoiminnassa vaaditaan erilaisia selvityksiä ja tutkimuksia käytännön toteutuksen läh-

tököhdiksi. (Eskola et al. 2010). Kaavoituksen yhteydessä on myös mahdollisuus tunnistaa kaavan osoittaman maankäytön muutoksien vaikutukset alueen hulevesiominaisuuksiin, alapuoliseen valuma-alueeseen, alueen luonnollisiin tulva- ja purkuoihin sekä niiden hyödyntämiseen. Lisäksi voidaan havaita viereisiltä alueilta tulevat hulevedet. (Lonka et al. 2008). Konkreettinen hulevesisuunnittelu tehdään usein kuitenkin osayleiskaava- ja asemakaavatasolla.

Osayleiskaavoituksen taustalle laadittavista selvityksistä saadaan kokonaiskuva alueen nykyisistä vesioloista ja hulevesien käsittelyn mahdollisuuksista. Suunnitelmissa voidaan pyrkiä säilyttämään hulevesien kannalta tärkeät maastokohdat sekä varaamaan tarpeelliset tilat esimerkiksi hulevesien hallintamenetelmien sijoituspaikoiksi. (Eskola et al. 2010). Joskus osayleiskaavan yhteydessä on tarpeen laatia myös erillinen hulevesien hallintasuunnitelma, jossa määritetään hulevesien hallinnan periaatteet, hulevesivalunnan reitit sekä hallintamenetelmien karkeat tilantarpeet ja sopivin sijoituspaikka. Jotta suunnitelmalla olisi kaavoitusta ohjaava vaikutus, tulisi hulevesien hallintasuunnitelma laatia jo kaavoitusprosessin alkuvaiheessa. (Suunnittelukeskus Oy 2007)

Asemakaavoituksen yhteydessä voidaan määritellä tarkemmin käytettävät hallintamenetelmät ja niiden sijainti sekä ratkaisumallit. Kaava-alueelle voidaan tehdä tarkat aluevaraukset esimerkiksi hulevesien viivyttämiseksi ja imeyttämiseksi sekä määritellä mahdolliset tulvareitit. Hulevesitulvariskejä voidaan osittain hallita myös määrittelemällä alin sallittu rakennuskorkeus, minkä lisäksi asemakaava voi sisältää muita tarkkoja määräyksiä tonttikohtaiseen hulevesisuunnitteluun. Erityisesti hulevesien luonnonmukaiset hallintamenetelmät ovat parhaiten toteutettavissa uudisrakentamiskohteissa, kun tarvittavat tilanvaraukset voidaan tehdä ennakoidusti jo kaavoitusvaiheessa. (Eskola et al. 2010)

Ympäristöministeriön laatimassa Asemakaavamerkinnät ja -määräykset-oppaassa ei ole suoria viittauksia hulevesien johtamisesta annettaviin merkintöihin ja määräyksiin. Vesiensuojelullisista syistä ja ympäristön huomioon ottamiseksi asemakaavoissa voidaan kuitenkin antaa muitakin kuin oppaan mukaisia merkintöjä. Hulevesien hallintaan liittyviä merkintöjä tai määräyksiä voidaan antaa muun muassa hulevesien imeyttämistä tai pidättymistä koskevista aluevarauksista, läpäisevien pintojen aluevarauksista, tulvareiteistä, katujen tai muihin yleisiin alueisiin liittyvistä viherpainanteista sekä kortteli- tai tonttikohtaisesta hulevesien pidättämisestä tai imeyttämisestä. (Suunnittelukeskus Oy 2007)

Kunnat voivat myös laatia hulevesistrategian, joka toimii välineenä koko kunnan yhtenäiselle hulevesien käsittelyn tavoitteelle. Hulevesistrategialla voidaan edistää hulevesien hallintaa sekä auttaa sopivien ratkaisujen löytämisessä ja käyttöönottossa. Tärkeimpiä tavoitteita voivat olla esimerkiksi tulvien ehkäisy ja vähentäminen, hallittu tulviminen, vettä läpäisemättömien pintojen vähentäminen, hulevesien hyödyntäminen, pohjaveden suojeleminen ja hulevesien määrän vähentäminen. Hulevesistrategialla voidaan myös selkeyttää hulevesiin liittyvää vastuunjakoja. (Eskola et al. 2010)

2.4 Hulevesiin liittyvä lainsäädäntö

Suomen lainsäädännössä on monia lakeja ja asetuksia, joista löytyy hulevesiin liittyviä säännöksiä. Tärkeimpiä lakeja ovat maankäyttö- ja rakennuslaki, vesilaki sekä vesihuoltolaki. Myös ympäristönsuojelulaissa katsotaan olevan säädöksiä, jotka vaikuttavat hulevesien poisjohtamiseen. (Suunnittelukeskus Oy 2007)

Vuonna 2008 asetettiin työryhmä tarkistamaan vesihuoltolain ajantasaisuutta. Tarkistamisessa kiinnitettiin huomioita muun muassa vesihuollon erityistilanteisiin varautumiseen ja hulevesien johtamisen tarkoituksenmukaiseen järjestämiseen. (Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmä 2010)

2.4.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Lain (132/1999) 161§:ssä säädetään yhdyskuntateknisten laitteiden sijoittamisesta. Sen mukaan kiinteistön omistaja on velvollinen sallimaan yhdyskuntaa tai kiinteistöä palvelevan johdon sijoittamisen hallitsemalleen alueelleen. 27.5.2011 maankäyttö- ja rakennuslakia täydennettiin 161 a §:llä, jolla säädetään veden johtamisesta ja ojittamisesta. Pykälän mukaan vesijohdon ja siihen liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittamisessa maa-alueille sovelletaan 161§, ellei siitä päätetä vesilain mukaisessa vedenottoa koskevassa lupapäätöksessä. Ojitukselta ei sen sijaan saa aiheutua haittaa tai veden johtamisen tarvetta kolmannelle osa-puolelle. 161 a § tuli voimaan 1.1.2012. Hulevedet tulee lain (132/1999) 161 §:n mukaan lisäksi huomioida rakennuspaikan soveliaisuutta selvittäessä, jolloin tulee huomioida, ettei rakennuspaikalla saa olla muun muassa tulvan vaaraa.

Lain (132/1999) mukaan jokaisella kunnalla tulee olla hyväksytty rakennusjärjestys, jonka sisältämät määräykset voivat olla erilaisia kunnan eri alueilla. Rakennusjärjestyksessä annetut määräykset koskevat suunnitelmallista rakentamista, kulttuuri- ja luonnonarvojen huomioon ottamista sekä hyvän elinympäristön toteutumista ja säilyttämistä. Määräyksiä ei kuitenkaan sovelleta, jos oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa, asemakaavassa tai Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on kyseisestä asiasta määrätty toisin. (L 132/1999). Kunnat voivat rakennusjärjestyksessä antaa ohjeita myös hulevesien poisjohtamisesta ja imeyttämisestä. (Suunnittelukeskus Oy 2007). Kunnan vastuulla on kuitenkin katujen (85§) ja yleisien alueiden rakentaminen (90§) katusuunnitelman ja yleisen alueen suunnitelman mukaisesti. (L 132/1999)

Hulevesien johtamiseen ottaa myös kantaa lain (132/1999) 165 §, jossa säädetään luonnollisen vedenjuoksun muuttamisesta. Pykälän mukaan kiinteistön maanpinnan luonnollisen korkeuden muuttamisesta tai muista toimenpiteistä, joista seuraa luonnollisen vesijuoksun muuttumista, ei saa aiheutua huomattavaa haittaa naapurille. Kiinteistön omistajalla tai haltijalla on huolehtimisvelvollisuus kyseisestä määräyksestä, ja laiminlyöntitapauksissa kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä haitan korjaamisesta tai poistamisesta.

Maankäyttö- ja rakennuslaki sisältää myös lukuisia pykäläiä joissa säädetään vesihuollon järjestämisen huomioimisesta. Muun muassa 39§:ssä säädetään yleiskaavan

sisältövaatimuksista ja pykälässä todetaan, että yleiskaavaa laatiessa on otettava huomioon muun muassa vesihuollon tarkoituksenmukainen järjestäminen. (L 132/1999). Maankäyttö- ja rakennuslakiin on vesihuoltolain tarkistamistyöryhmän loppuraportissa (2010) ehdotettu muutoksia hulevesien hallinnan osalta. Kyseisistä ehdotuksista on kerrottu lisää kappaleessa 2.4.3.

2.4.2 Vesilaki

Hulevesiä vesilaissa (587/2011) ei juurikaan mainita, mutta laki sisältää muutamia kohtia, jotka on otettava huomioon myös hulevesien hallinnassa. Esimerkiksi maan kuivatamisesta ojittamalla säädetään tarkennetusti lain viidennessä luvussa. Esimerkiksi 5§:ssä mainitaan, että ojitus on toteutettava siten, ettei toiselle kuuluvalla alueella tapahdu vahingollista vettymistä tai muuta edunmenetystä. Ojituksen hyödynsaaja on tavallisesti kuivatettavan kiinteistön omistaja, ellei kyseessä ole hulevesien tai perustusten kuivatusvesien johtaminen hulevesiviemäriverkostoon, jolloin vesihuoltolaitoksen katsotaan olevan hyödynsaaja.

Vesilain kolmannessa luvussa säädetään puolestaan luvanvaraisista vesitaloushankkeista. Laissa mainitaan, että vesitaloushankkeen vaarantaessa esimerkiksi puron uoman luonnontilan säilymistä tai pohjaveden laatua, tulee hankkeella saada lupaviranomaisen lupa. (L 587/2011)

2.4.3 Vesihuoltolaki

Vesihuoltolaissa (119/2001) säädetään hulevesien ja perustusten kuivatusvesien poisjohtamiseen liittyvistä seikoista vesilakia tarkemmin. Vesihuoltolaitoksella on kunnan hyväksymällä toiminta-alueellaan velvollisuus huolehtia yhdyskunnan vesihuollosta, johon kuuluu lain (119/2001) 3§:n mukaan myös huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtaminen ja käsittely. (L 119/2001). Edellä mainitun pykälän perusteluissa on kuitenkin täsmennetty, että vesihuoltolakia sovelletaan hulevesien poisjohtamisen osalta, kun se tapahtuu erillisviemäröinnin tai sekaviemäröinnin avulla. Näin ollen maanpäälliset hulevesien hallintamenetelmät eivät kuulu vesihuoltolain soveltamisalan piiriin. (Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmä. 2010). Lain kolmannen luvun 10§:n mukaan kiinteistöllä ei ole kuitenkaan velvollisuutta liittyä viemäröintiin hulevesien ja perustusten kuivatusvesien osalta, jos tarjolla ei ole erillisviemäröintiä tai kiinteistön alueella muodostuvat hulevedet ja perustusten kuivatusvedet voidaan poistaa muilla asianmukaisilla keinoilla. Vesihuoltolaki tarkentaa kiinteistön omistajan ja yhdyskunnan vesihuollosta huolehtivan tahon välisiä velvollisuuksia ja oikeuksia vesihuollon toteuttamisessa. (L 119/2001)

17.9.2008 maa- ja metsätalousministeriö asetti työryhmän tarkistamaan vesihuoltolain ja siihen liittyvän lainsäädännön sekä valmistelemaan tarvittavat ehdotukset lain säädösmuutoksiksi. Tarkistamistyössä työryhmä kiinnitti huomiota muun muassa vesihuollon erityistilanteisiin varautumiseen ja hulevesien johtamisen tarkoituksenmukaiseen järjestämiseen. Vuonna 2010 julkaistussa loppuraportissa työryhmä toteaa, että

lainsäädännön tulisi ohjata alueiden käyttöä ja rakentamista siten, että rankkasateisiin varauduttaisiin jo varhaisessa vaiheessa esimerkiksi kaavoituksen yhteydessä. Tavoitteena olisi hulevesistä aiheutuvien vahinkojen vähentäminen sekä muun muassa maaperän vesitalouden tasapainon edistäminen. Hulevesien hallinnalle on myös olemassa lisääntyvä tarve rankkasateiden ja päälystettyjen pintojen yleistymisen johdosta.

Työryhmä ehdottaa raportissaan, että maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) säädettäisiin hulevesien hallinnasta, jonka kokonaisvastuu kuuluisi kunnalle. Laissa (132/1999) oleva säädös korvaisi näin vesihuoltolain (119/2001) 6§:n 2 momentissa olevan huleveden viemäroinnin järjestämisvastuun, jonka mukaan kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueilla. Jotta hulevesien hallinnan järjestäminen olisi mahdollista, tulisi laissa (132/1999) säätää hulevesien hallinnasta kiinteistöllä (90b §), hulevesisuunnitelmasta (90d §), hulevesien hallintaa koskevien määräysten antamisesta (90e §), hulevesijärjestelmän toteuttamisvelvollisuudesta (90f §) sekä hulevesien hallinnasta perittävistä julkisoikeudellisista maksuista. Kunnilla olisi siis velvollisuus laatia muun muassa erillinen hulevesisuunnitelma, mutta kunnat voisivat jatkossa kuitenkin periä hulevesien hallinnasta maksuja.

Työryhmän ehdotuksen mukaan kunta voisi myös hyväksyä vesihuoltolaitokselle hulevesiviemäroinnin toiminta-alueen, jossa sovellettaisiin vesihuoltolain säännöksiä. Hulevesiviemäroidyn toiminta-alueen hyväksyminen edellyttäisi kuitenkin, että asemakaavassa, hulevesisuunnitelmassa, katusuunnitelmassa tai yleisen alueen suunnitelmassa tulisi osoittaa alueen hulevedet viemäroitäväksi. Hulevesien viemärointiä koskevat säädökset olisi sisällytetty vesihuoltolakiin ja hulevesien viemärointi olisi laissa irrotettu vesihuollon käsitteestä. Myös vesihuoltolaitoksen muissakin pykälissä säädettäisiin tarvittaessa erikseen niiden soveltamisesta hulevesien viemärointiin.

Hulevesien viemärointi muodostaisi kuitenkin vain osan hulevesien kokonaishallinnasta, johon kuuluisi myös maanpäällisten hulevesien hallintamenetelmien käyttö. Kyseisien menetelmien suunnittelusta ja toteutuksesta vastaisi kunta, kun taas vesihuoltolaitos vastaisi edellä mainitusti hulevesien viemäroinnistä toiminta-alueellaan vesihuoltolain mukaisesti.

Hulevesien hallintaa koskevien säännösten sisällyttäminen maankäyttö -ja rakennuslakiin (132/1999) edellyttäisi tarkistuksia ja muutoksia lain (132/1999) kiinteistöllä suoritettavia toimenpiteitä, pakkokeinoja ja muutoksenhakua koskeviin säännöksiin. (Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmä 2010)

2.4.4 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulaissa (86/2000) ei ole hulevesistä mainintaa. Yksi lain tavoitteista on kuitenkin ehkäistä ympäristön pilaantuminen ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja. Näin lain säädökset koskevat myös laadultaan epäpuhtaita hulevesiä, jotka voivat aiheuttaa ympäristön pilaantumista. (Suunnittelukeskus Oy 2007). Lisäksi lain ensimmäisen luvun 19§ mukaan kunnalla on oikeus antaa paikallisista olosuhteista johtuvia kuntaa tai sen osaa koskevia ympäristönsuojelumääräyksiä, joilla voidaan muun

muassa kieltää jätevesien johtamista maahan, jos siitä katsotaan aiheutuvan pilaantumisen vaaraa. Määräykset koskevat toimia jotka eivät ympäristönsuojelulain mukaan ole luvanvaraisia. (L 86/ 2000). Kunnan ympäristönsuojelumääräysten voidaan katsoa soveltuvan hulevesien hallintamenetelmiin, kun tarkoituksena on vähentää hulevesien aiheuttamaa kuormitusta tai eroosiohaittoja. (Suunnittelukeskus Oy 2007)

Myös ympäristönsuojelulakiin tuli muutoksia vesilainsäädännön uudistuksen myötä. Tärkeimpiä uudistuksia olivat muun muassa jäteveden uusi määritelmä, jonka mukaan jätevetenä pidettäisiin käytöstä poistettua vettä ja pilaantuneelta alueelta johdettavaa vettä. Lisäksi ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan alueelta johdettava vesi, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista, olisi jätevettä. (L 86/2000)

2.4.5 Laki (669/1978)

Laissa kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta (669/1978) säädetään katujen kunnossapidosta (2 luku 3§), johon kuuluu myös sadevesikourujen pitäminen avoinna. Katujen kunnossapito kuuluu kunnalle, mutta tontin omistajan velvollisuutena on kuitenkin pitää tontin kohdalla olevan jalkakäytävän viereiset sadevesikourut lumettomina ja jäättöminä. (L 669/1978)

3 HULEVESITULVARISKIEN HALLINTA

Vuonna 2000 Euroopan parlamentti ja neuvosto antoi direktiivin (2000/60/EY) yhteisön vesipolitiikan puitteista, jonka tavoitteena oli laatia yhtenäiset pelisäännöt vesistöjen suojelemiseksi sekä edistää vesistöjen kestäväää käyttöä. Direktiivin mukaan jokaisen jäsenvaltion on muodostettava erilliset vesipiirit, joille laaditaan oma hoitosuunnitelma. Myös tulvien ja kuivuuden vaikutusten lieventäminen kuuluvat direktiivin tavoitteisiin. (Euroopan parlamentti ja neuvosto. 2000). Suomessa vesipolitiikan puitedirektiivi on toteutettu joulukuussa 2004 hyväksytyllä vesihoidon ja merihoidon järjestämisestä koskevalla lailla (1299/2004), jonka mukaan vesienhoitoa tulee suunnitella vesienhoitoalueittain. (L 2004/1299). Vaikka vesipolitiikan puitedirektiivissä pyritään myötävaikuttamaan myös tulvien ehkäisyyn, ei se kuulu päätavoitteisiin, eikä direktiivissä oteta huomioon ilmastomuutoksen aiheuttamia vaikutuksia tulvariskeihin. Tätä varten laadittiin vuonna 2007 erillinen direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta. (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2007)

3.1 Direktiivi 2007/60/EY tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta

Vuonna 2002 Eurooppaa koetelleiden tuhoisien tulvien jälkeen alettiin kehittää tulvien ehkäisyä, torjunnan ja lieventämisen koordinoitua toimintaohjelmaa *EU flood action programme*. Ohjelman tarkoituksena oli tulvia koskevan yhteistyön, tiedon- ja kokemustenvaihdon sekä yleisen tietoisuuden lisääminen. Lisäksi tavoitteena oli tulvariskien kartoituksen ja tulvariskien hallintaa koskevien suunnitelmien laatiminen ja toteuttaminen. Yksi tärkeä työkalu ohjelman tavoitteiden toteuttamiselle oli Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta. Direktiivi liittyi myös läheisesti aikaisemmin annettuun vesipolitiikan puitedirektiiviin (2000/60/EY). (European Commission, Environment 2011)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2007/60/EY) tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta annettiin lokakuussa 2007. Direktiivin tarkoituksena on luoda tulvariskien arvioinnille ja hallinnalle puitteet, joiden avulla tulvista aiheutuvia ympäristöllisiä, terveydellisiä, taloudellisia sekä kulttuuriperinnöllisiä vahinkoja pyritään vähentämään. Direktiivin mukaisissa arvioinneissa ja suunnitelmissa on tarkasteltava kaikkia tulvatyyppejä, mutta viemäritulvat voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Koska esiintyvät tulvatyypit ja tulvien aiheuttamat vahingot vaihtelevat yhteisön eri alueilla, katsotaan direktiivissä, että jäsenvaltioiden tulisi itse määritellä tulvariskien hallinnan tavoitteet, joiden tulisi perustua paikallisiin ja alueellisiin olosuhteisiin. Lisäksi voidaan kat-

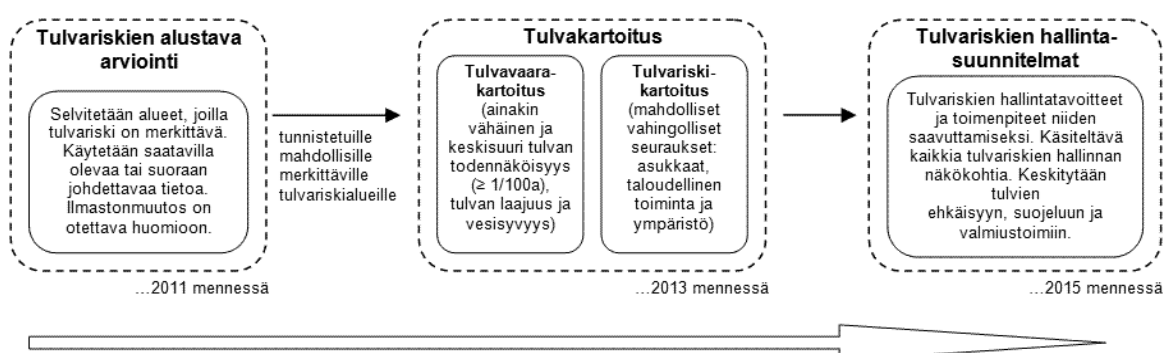
soa, etteivät tulvariskit ole merkittäviä harvaan asutuilla tai asumattomilla alueilla, joiden taloudellinen tai ekologinen arvo on pieni.

Direktiivin täytäntöönpanossa jäsenvaltioiden tulee hyödyntää vuonna 2000 laaditun yhteisön vesipolitiikan puitedirektiivin (2000/60/EY) synnyttämiä järjestelyitä. Direktiivin (2007/60/EY) edellyttämät lait, asetukset ja hallinnolliset määräykset kunkin jäsenvaltion tuli saattaa voimaan 26.11.2009 mennessä ja ilmoittaa siitä viipymättä komissiolle.

Tulvariskien arviointia ja hallintaa koskeva direktiivi käsittelee tulvariskien alustavaa arviointia, tulvavaara- ja tulvariskikarttojen laadintaa sekä tulvariskien hallintasuunnitelmia, joiden tulee perustua parhaisiin käytäntöihin ja käytettävissä oleviin teknologioihin, jotka eivät kohtuuttomasti lisää tulvariskien hallinnasta syntyviä kustannuksia. Jokaisen jäsenvaltion on tarkasteltava tulvariskien alustavassa arvioinnissa vesipiiriensä maankäyttöä ja topografiaa sekä aikaisemmin esiintyneitä tulvia, joista on aiheutunut huomattavia vahingollisia vaikutuksia ihmisen terveydelle, ympäristölle, kulttuuriperinnölle tai taloudelliselle toiminnalle. Lisäksi tarkastelussa on arvioitava tulevaisuudessa ilmenevistä tulvista mahdollisesti aiheutuvia vahingollisia seurauksia. Tulvariskien alustava arviointi oli jokaisen jäsenvaltion suoritettava 22.12.2011 mennessä.

Jäsenvaltioiden tulvavaara- ja tulvariskikarttoihin on puolestaan sisällytettävä kaikki alueet, joissa merkittävän tulvan esiintymisen todennäköisyys on vähäinen tai sitä suurempi. Kartoista on käytävä ilmi mahdollisen tulvan laajuus tai vesisyvyys sekä tarvittaessa virtausnopeus tai virtaama. Myös tulvasta seuraavia vahingollisia seurauksia on arvioitava. Jäsenvaltioiden tulee laatia mahdolliset tulvavaara- ja tulvariskikartat valmiiksi 22.12.2013 mennessä.

Laadittujen tulvavaara- ja tulvariskikarttojen pohjalta jäsenvaltioiden tulee tehdä tulvariskien hallintasuunnitelmat, jotka sisältävät toimenpiteitä tulvista aiheutuvien vahingollisten seurauksien vähentämiseen. Tulvariskien hallintasuunnitelmat tulee olla valmiina ja julkaistuina 22.12.2015 mennessä. Kuva 11 esittää direktiivin (2007/60/EY) kolmivaiheista työjärjestystä tulvien hallinnan kehittämiseksi.



Kuva 11. Eu:n tulvariskien arviointia ja hallintaa koskevan direktiivin kolme vaihetta. Vuoden 2015 jälkeen tulvien hallinnan uudelleen tarkastelu tehdään kuuden vuoden välein. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2011)

Tulvariskien alustavaa arviointia, tulvavaara- ja tulvariskikarttoja sekä tulvariskien hallintasuunnitelmia koskevista päätöksistä tulee jokaisen jäsenvaltion ilmoittaa komissiolle ilmoitettuihin määräaikoihin mennessä. Lisäksi kaikki edellä mainitut selvitykset tulee tarkistaa ja tarvittaessa saattaa ajan tasalle kuuden vuoden välein. Myös ilmastonmuutoksen todennäköinen vaikutus tulee huomioida tulvariskien alustavan arvioinnin ja tulvariskien hallintasuunnitelmien uudelleentarkistuksessa.

Komissio toimittaa lopulta 22.12.2018 mennessä Euroopan parlamentille ja neuvostolle direktiivin (2007/60/EY) täytäntöönpanoa koskevan kertomuksen. Myös komission laatima kertomus päivitetään kuuden vuoden välein. (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2007)

3.1.1 Direktiivin 2007/60/EY täytäntöönpano Suomessa

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 24.10.2007 työryhmän valmistelemaan ehdotukset EU:n direktiivin (2007/60/EY) toimeenpanemiseksi Suomen lainsäädännössä. Lisäksi tuli selvittää tarve ja mahdollisuudet säätää tulviin varautumisesta ja tulvariskien hallinnasta direktiivin (2007/60/EY) vaatimuksia laajemmin. Työn tuloksena syntyi tulvariskityöryhmän raportti, jossa ehdotettiin direktiivin täytäntöönpano tulvariskien hallintaa koskevan lain ja asetuksen avulla. (Tulvariskityöryhmä. 2009). Suomessa direktiivin (2007/60/EY) vaatimat toimenpiteet saatettiin lopulta kansallisesti lainvoimaiseksi 24.6.2010 voimaan tulleen tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) avulla. Lakia täsmentää 7.7.2010 voimaan tullut valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010). (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2011)

Laissa (620/2010) on säädetty tulvariskien hallinnan järjestämisestä ja sen tarkoituksena on sovittaa yhteen tulvariskien hallinta sekä vesistöalueen muu hoito unohtamatta vesivarojen kestävä käyttö ja suojelun tarpeita. Lain avulla pyritään vähentämään tulvariskejä ja edistämään tulviin varautumista sekä ehkäisemään ja lieventämään tulvista aiheutuvia vahingollisia seurauksia. Viranomaisina toimiva maa- ja metsätalousministeriö ohjaa ja seuraa lain täytäntöönpanoa yhdessä sisäasiainministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön ja ympäristöministeriön kanssa. Paikallisen ELY-keskuksen tehtävänä on tehdä vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien alustavat arvioinnit, laatia vaadittavilta alueilta tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä valmistella ehdotukset vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallintasuunnitelmiksi. Paikallisen ELY-keskuksen tehtäviin kuuluu myös edistää tulvasuojelua sekä huolehtia hydrologisesta seurannasta ja vesitilanne- ja tulvavaroituspalvelusta. Kuntien tehtävänä on puolestaan huolehtia hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta, jossa paikallinen ELY-keskus voi avustaa. Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelussa noudatetaan soveltuvin osin mitä lain (620/2010) 7-11§:ssä säädetään. Suomen ympäristökeskus ja ilmatieteen laitos toimivat puolestaan asiantuntijapalveluita tuottavina tahoina. (L 620/2010)

3.1.2 Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelu

Tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) mukaan kuntien tehtävänä on huolehtia hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta. Tehtävä on samankaltainen ELY-keskusten tehtävän kanssa, mutta koskee vesistöalueiden ja merenrannikon tulvariskien hallinnan sijasta hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelua.

Suunnittelu alkaa hulevesitulvariskien alustavalla arvioinnilla, jossa kunta arvioi toteutuneiden hulevesitulvien ja ilmaston sekä vesiohjelmien kehittymisen perusteella alueensa hulevesitulvariskejä. Myös mahdollisesti tulevaisuudessa ilmenevät hulevesitulvariskit tulee arvioida huomioimalla ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä. Saatavilla olevien tietojen perusteella kunta lopulta nimeää merkittävät hulevesitulvariskialueet. Tulvariskien hallintaa koskevan lain 8§:än mukaan tulvariskien merkittävyyttä arvioitaessa on otettava huomioon alueelliset ja paikalliset olosuhteet ja tulvan todennäköisyys sekä tulvasta mahdollisesti aiheutuvat seuraavat vahingolliset seuraukset:

1. Vahingollinen seuraus ihmisen terveydelle tai turvallisuudelle
2. Välttämättömyyspalvelulle, kuten vesihuollolle, energihuollolle, tietoliikenteelle, tieliikenteelle tai muun vastaavan toiminnan pitkäaikainen keskeytyminen
3. Yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja turvaavan taloudellisen toiminnan keskeytyminen
4. Pitkäkestoinen ja laaja-alainen vahingollinen seuraus ympäristölle
5. Korvaamaton vahinko kulttuuriperinnölle

Hulevesitulvariskien alustava arviointi ja merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeäminen tulee olla suoritettuna ja ELY-keskukselle palautettuna viimeistään 22.12.2011. (A 659/2010). Laaditut hulevesitulvariskien arvoinnit sekä mahdollisten merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiset tarkistetaan tarpeellisin osin kuuden vuoden välein. Kuntien päätöksiin merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä ei saa hakea muutosta valittamalla. (L 620/2010)

Kunta laatii merkittävistä hulevesitulvariskialueista tulvavaara- ja tulvariskikartat. Tulvavaarakartassa tulee esittää veden alle jäävät alueet, tulvan vesisyvyys ja tulvan aikana vallitseva vedenkorkeus sekä tarkoituksenmukaiset sateiden todennäköisyydet. Tulvariskikartoissa puolestaan esitetään arviot tulva-alueella asuvien asukkaiden määrästä, alueen infrastruktuurin rakenne ja taloudellinen toiminta sekä paikalliset erityiskohteet, kuten sairaalat, päiväkodit ja oppilaitokset. Myös lain nojalla tai kaavoituksen mukaan suojellut kulttuuriperintökohteet ja tulvatilanteissa ympäristön äkillisen pilaantumisen vaaraa aiheuttavat laitokset tulee esittää tulvariskikartoissa. Tulvavaara- ja tulvariskikarttojen tulee olla laadittuna ja ELY-keskukselle palautettuna 22.12.2013 mennessä. (A 659/2010)

Merkittäviksi riskialueiksi nimitetyille alueille laaditaan lopulta hulevesitulvien hallintasuunnitelmat, joissa esitetään soveltuvin osin mitä asetuksen (659/2010) 5§:ssä säädetään. Hallintasuunnitelmissa voidaan esittää muun muassa hulevesitulvariskien

hallinnan tavoitteet sekä toimenpiteet, joilla tavoitteet pyritään saavuttamaan. Toimenpiteitä valittaessa tulee pyrkiä vähentämään tulvien todennäköisyyttä, ja ehdotettuja toimenpiteitä tulee arvotella kustannuksia ja hyötyä vertailemalla. Hulevesitulvien hallintasuunnitelmaa laadittaessa on lisäksi noudatettava mitä maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 9 §:ssä säädetään ympäristövaikutusten selvittämisestä (L 620/2010). Muita esitettäviä asioita voivat olla mahdollisuudet tulvareittien ja tulvien pidättymisalueiden käyttöön, toteutunut ja suunniteltu alueiden käyttö sekä luonnonsuojelulain mukaiset suojellut alueet. Lisäksi hallintasuunnitelmissa voi olla syytä esittää toiminta tulvan uhatessa tai tulvan aikana mukaan lukien pelastustoimen suunnitelmat. Jos alueelle on jo ennestään laadittu jokin tulvariskien hallintasuunnitelma, tulee se myös huomioida laadittavassa hallintasuunnitelmassa. Kunnan hyväksymät hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmat tulee olla laadittuna ja ELY-keskukselle toimitettuna 22.12.2015 mennessä. (A 659/2010)

Kuntien hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelun osallistumisessa ja tiedottamisessa noudatetaan soveltuvin osin maankäyttö ja rakennuslain 62§, 65§ ja 67§:n säädöksiä kaavoitusmenettelystä ja vuorovaikutuksesta. (L 620/2010)

3.1.3 Direktiivin 2007/60/EY täytäntöönpano muissa EU- maissa

Kaikki jäsenmaat ilmoittivat määräaikaan 26.11.2009 mennessä tulvariskien hallintaa koskevan direktiivin voimaan saattamisesta. 26.7.2012 tulvariskien alustava arviointi puuttui kuitenkin kuudelta jäsenvaltiolta ja kolme jäsenvaltiota oli täyttänyt tulvariskien alustavan arvioinnin velvoitteet vain osittain. (European Commission, Environment 2011)

Englannissa ja Walesissa EU:n tulvadirektiivi on sisällytetty kansalliseen lainsäädäntöön vuonna 2009 voimaan tulleilla tulvariskisäännöksillä *Flood Risk Regulations 2009*. Tulvariskien alustavan arvioinnin laatimisesta huolehtii ympäristövirasto, *Environment Agency*, joka laatii tulvariskien arvioinnin, mahdolliset tulvakartat ja hallintamenetelmät merestä, joista tai muista vesistöistä aiheutuvista tulvista. Lisäksi kunta, *Lead Local Flood Authority* on velvollinen suorittamaan direktiivin edellyttämät selvitykset muista kuin meren, jokien tai vesistöjen aiheuttamien tulvien osalta. Selvityksissä on kuitenkin tarvittaessa otettava huomioon vesistöjen vaikutus esimerkiksi hulevesitulviin. Laadittavat selvitykset tulee olla valmiina direktiivissä (2007/60/EY) annettuihin määräaikoihin mennessä. (UK Statutory Instruments 2009)

Skotlannissa direktiivi 2007/60/EY toteutettiin vuonna 2009 tulvariskien hallintaa koskevalla lailla *Flood Risk Management (Scotland) Act 2009*, jolla parannettiin vanhaa tulvatorjuntalakia *Flood Prevention Act 1961* ja vuonna 1997 hyväksyttyä maan kuivatustalakia *Land Drainage Act 1997*. Uudessa laissa tulvatorjunta laajennettiin koskemaan vesiteiden lisäksi myös viemärointia ja vastuunjakoa siirrettiin valtiolta paikallisille viranomaisille. (Planning, Housing and Environmental Services Committee 2009). Tulvariskien hallinnan lain mukaan Skotlannin ympäristönsuojeluvirasto, *Scottish Environment Protection Agency*, on velvollinen laatimaan vesistöjen tulvariskien arvioinnin sekä tunnistamaan potentiaaliset riskikohteet. Skotlannin paikallinen vesilaitos, *Scottish*

Water sen sijaan arvioi tulvariskit viemäritulvien osalta. Ympäristönsuojeluvirasto laatii direktiivin (2007/60/EY) edellyttämät tulvariskikartat ja hallintasuunnitelmat. (Flood Risk Management (Scotland) Act 2009)

Saksassa direktiivi (2007/60/EY) on sisällytetty paikalliseen lainsäädäntöön vuonna 2009 muutetulla vesitalouslailla *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts*. Lain 73§:n mukaan toimivaltainen viranomainen laatii tulvadirektiivin mukaiset tulvariskiarvioinnit ja mahdolliset jatkoselvitykset maan jokaisesta vesipiiristä määräaikoihin mennessä. (Bundesministerium der Justiz 2009)

Direktiivi (2007/60/EY) pantiin täytäntöön Ranskan lainsäädännössä vuonna 2010 laaditulla lailla (2010-788) ja asetuksella (2011-277). Lain mukaan hallintoviranomainen laatii direktiivin (2007/60/EY) edellyttämät toimenpiteet. (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement 2012)

3.2 Tulvariskien hallintaan liittyvä muu lainsäädäntö

Tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) lisäksi Suomen lainsäädännössä on muitakin tulvien hallintaa liittyviä lakeja. Seuraavassa kappaleessa käydään tiivistetysti läpi tärkeimmät lait, joilla säädetään tulvariskeistä ja niiden hallinnasta.

3.2.1 Patoturvallisuuslaki

Patoturvallisuuslaki (494/2009) käsittelee padon rakentamiseen, kunnossapitoon ja käyttöön liittyviä turvallisuustekijöitä sekä pyrkii vähentämään padosta aiheutuvaa vahingonvaaraa. Laissa säädetään muun muassa pato-onnettomuuksiin varautumisesta ja onnettomuustilanteiden aikaisesta toiminnasta sekä määrittellään patoturvallisuuteen liittyvä vastuunjako. Lain mukaan paikalliset ELY-keskukset toimivat patoturvallisuusviranomaisina, joiden velvollisuuksiin kuuluu muun muassa tiedottaminen padoista aiheutuvasta vaarasta ja patojen luokittelu. Padon omistaja on puolestaan velvollinen pitämään padon sellaisessa kunnossa, että se toimii suunnitellulla tavalla ja on turvallinen. (L 494/2009). Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010) täydentää patoturvallisuuslakia määrittelemällä patojen turvallisuusvaatimuksia, pätevyysvaatimuksia padon suunnittelijalle sekä antamalla ohjeita vesistöpatojen hydrologiselle mitoitukselle. (A 319/2010)

3.2.2 Pelastuslaki

Pelastuslaki (379/2011) käsittelee kattavasti ihmisten, yritysten ja muiden yhteisöjen sekä oikeushenkilöiden velvollisuuksia onnettomuuksien ehkäisemisessä ja toteutuneiden onnettomuuksien seurauksien rajoittamisessa. Lain mukaan ympäristöviranomaiset, maa- ja metsätalousviranomaiset ja hallinnonalojen laitokset huolehtivat niitä koskevien säädösten mukaisesti tulvasuojelusta, tulvatorjunnasta sekä patoturvallisuudesta. (L 379/2009)

3.2.3 Laki (1984/284)

Laki poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta (1983/284) käsittelee vain vesistöjen tulvista aiheutuneiden vahinkojen korvaamista. Lain mukaan korvausta annetaan valtion varoista, jos tulvista aiheutuu vahinkoja viljelyksille, rakennuksille, tuotteille ja välttämättömille kotitalousirtaimistoille. Korvauksia ei kuitenkaan makseta lain (1983/284) mukaisesti, jos tulva aiheutuu vesilain (1961/264) tai muun lain vastaisesti suoritetusta toimenpiteestä.

3.2.4 Valtioneuvoston asetus vesistötoimenpiteiden tukemisesta

Vesistötoimenpiteiden tukemista koskevassa asetuksessa (651/2001) sanotaan, että ympäristökeskus voi myöntää tukea vesistötoimenpiteille, joiden tarkoituksena on vähentää muun muassa tulvista aiheutuvaa vaaraa. Edellytys tuen saamiselle on, että toimenpiteellä on yleistä merkitystä esimerkiksi hyödynsaajien suuren lukumäärän tai hyödyn vaikutusalueen vuoksi.

3.2.5 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että samalla luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistetään ekologisesti, taloudellisesti, kulttuurisesti ja sosiaalisesti kestävä kehitystä. Lain 116§:n mukaan rakennuspaikan soveliaisuutta harkitessa tulee huomioida muun muassa rakennuspaikan mahdollinen tulvimisvaara. Lain noudattamisesta huolehtii kunnan rakennusvalvontaviranomainen.

3.2.6 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslakia täydentäviä, rakentamista koskevia teknisiä määräyksiä ja ohjeita julkaistaan Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Rakentamismääräyskokoelman osa D1 käsittelee kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteita muun muassa määräämällä, että sadeveden poisjohtaminen kiinteistön alueelta on järjestettävä luotettavalla tavalla ja siten, ettei siitä aiheudu vahingon tai tapaturman vaaraa, tulvimista tai muuta haittaa. (D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007). Rakentamismääräyskokoelman osassa B3 annetaan puolestaan tarkempia määräyksiä ja ohjeita tulva- ja sortumariskialueille rakentamisesta. Rakennusmääräyskokoelman mukaan veden ja jään aiheuttamat vauriot ja haitat on estettävä ennakolta rakennuspaikan valinnalla tai rakenteellisilla ratkaisuilla. Jos rakennusta ei ole tarkoitettu käytettävän asumiseen tai työpaikaksi, voidaan riskien ollessa pienet suunnitella rakentamista alimman hyväksyttävän rakentamiskorkeuden alapuolelle. (B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007) Rakentamismääräyskokoelman osassa C2 puolestaan käsitellään kosteudesta johtuvien vaurioiden ja haittojen vähentämistä rakentamisessa. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998)

3.2.7 Vesilaki

Suomen hallitus antoi 15.1.2010 eduskunnalle esityksen vesilainsäädännön uudistamisesta. Esitykseen sisältyvät lait vahvistettiin 11.3.2011. Uudistuksen myötä useisiin vesilakiin ja sitä sivuaviin lakeihin tehtiin muutoksia, joilla selkeytettiin vesilain, ympäristösuojelulain sekä maankäyttö- ja rakennuslain välisiä suhteita vesiasioissa. (Oikeusministeriö 2011). Uusi vesilaki tuli voimaan 1.1.2012.

Vesilailla (587/2011) turvataan vesivarojen ja vesiympäristön ekologisesti, taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti kestävä käyttö. Lisäksi lain tavoitteena on ehkäistä edellä mainitusta käytöstä koituvia haittoja sekä parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. Laissa annetaan myös muutamia määräyksiä tulvien hallinnasta ja ehkäisystä.

Luvanvaraisista vesitaloushankkeista säädetään lain kolmannessa luvussa, jossa mainitaan, että yleisesti vesitaloushankkeille on saatava viranomaisen lupa, jos hanke aiheuttaa tulvan vaaraa tai yleistä vedenvähyyttä. Lain 18 luvun 4§:ssä säädetään sen sijaan vaarantorjuntatoimista. Sen mukaan luvan saaneen vesitaloushankkeen kohdalla voidaan ryhtyä kiireellisiin väliaikaisiin toimenpiteisiin, jos hanketta uhkaa joku poikkeuksellinen syy kuten tulva. Samaisessa luvussa sanotaan myös, että poikkeuksellisista luonnonoloista tai muusta ylivoimaisesta tapahtumasta seuraavan, yleistä vaaraa aiheuttavan vesistön muutoksen, kuten tulvan, kohdalla on valtion viranomaisen tai vesitaloushankkeesta vastaavan ryhdyttävä toimenpiteisiin vaaran poistamiseksi tai vahinkojen vähentämiseksi.

Muita tulvariskien hallintaa koskevia säädöksiä löytyy muun muassa lain viidennestä ja kuudennesta luvusta, jonka 7§:ssä säädetään, että järven tai lammen keski-vedenkorkeuden pysyvä muuttaminen ei edellytä alueen omistajien suostumusta, jos keskivedenkorkeuden muuttaminen on yleisen tarpeen tai muun yleiseltä kannalta tärkeän tarkoituksen, kuten tulvasuojelun, vaatima. Lain 5 luvun 4§:ssä puolestaan säädetään, että ojitustoimituksessa on käsiteltävä ojitukset, joista aiheutuu tulva-alueen poistuminen tai pieneneminen. (L 587/2011)

3.2.8 Hulevesitulvariskien hallinnan viranomaistahot ja vastuut

Vastuunjako hulevesitulvien ennaltaehkäisemisessä ja tulvatilanteiden hoidossa jakaantuu usean eri viranomaistahon kesken. Tulvariskien ennaltaehkäisy perustuu maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan kunnissa tehtävään tulvariskejä huomioivaan suunnitteluun ja rakentamisen ohjaukseen. Hulevesitulvariskien hallinnassa kuntien infrastruktuurilla, kuten jätevesi- ja hulevesijärjestelmillä sekä kunnan rakennusinfrastruktuurilla, on tärkeä osuus. Vastuunkantaminen infrastruktuurin eri osista ei kohdistu kuitenkaan yksistään kunnalle. Jätevesi- ja hulevesiverkoston toiminnasta kantaa vastuun toiminta-alueellaan eli yleensä asemakaavoitetulla alueella, vesihuoltolaitos, jonka asiakkaiden eli kiinteistöjen vesijärjestelmien asianmukaisuutta valvoo kuitenkin rakennusvalvonta. Rakennusvalvonnan tulee myös varmistaa, että rakennuksilla on tietty peruskuivatus ja kosteudenkestävyys. Kiinteistön haltijalla on puolestaan vastuu kiinteistön vesihuoltolaitteista, eli vesijohdoista ja viemäroinnistä sekä niihin liittyvistä lait-

teista ja tarvikkeista vesilaitoksen verkoston liittymiskohtaan saakka. Näin ollen kiinteistön haltijan tulee huolehtia siitä, että kiinteistön viemärit on suojattu viemärivereden mahdollista takaisinvirtausta vastaan. Myös kiinteistön hulevesiviemäreiden tukkeutumisen estäminen ja kunnossapitäminen kuuluvat kiinteistön haltijan vastuulle. (Gaia Group Oy 2005)

Jätevesiverkoston rakentamisella ja ylläpidolla on lisäksi yhteys kuntatekniikasta, kaduista ja yleisistä alueista vastaavan organisaation osan kanssa, sillä maanalaisen hulevesijärjestelmän lisäksi hulevesien hallintaan kuuluu myös maanpäällisiä rakenteita, jotka ohjailevat pintavalunnaksi muodostuvaa sadevettä. (Lonka et al 2008). Tulvariskien hallintaa koskeva laki lisäksi täsmentää kuntien vastuuta merkittävien hulevesitulvien hallinnassa edellyttämällä kuntia hulevesitulvariskien alustavaan arviointiin sekä tarvittaessa tulvavaara- ja tulvariskikarttojen sekä tulvariskien hallintasuunnitelmien laadintaan. (L 620/2010)

Onnettomuustilanteissa tieto hulevesien aiheuttamista tulvista tavoittaa usein ensimmäisenä pelastusviranomaisen, jonka vastuulla on pelastus- ja suojelutehtävien hoitaminen. (Lonka et al. 2008). Ympäristökeskukset toimivat tällöin asiantuntijan roolissa ja tukevat pelastustoimen johtoa virka-avun antamisen muodossa. Myös Suomen ympäristökeskus voi antaa asiantuntija-apua alueellisille ympäristökeskuksille sekä pyydettäessä myös muille viranomaisille. Ympäristökeskuksilla on myös tärkeä rooli tulvatilanteiden hallinnoinnissa ja jälkihoidossa, jota ovat esimerkiksi ohijuoksutusten jälkeisten vesistönäytteiden oton organisointi, valvonta ja seuranta.

Onnettomuustilanteissa myös kunnalla on velvollisuuksia esimerkiksi väestön perushuoltotarpeen huolehtimisesta ja pelastusviranomaisien avustamisesta. Rankkasateen aiheuttamassa häiriötilanteessa kunnan teknillisellä toimella on yhdessä vesihuoltolaitoksen ja ympäristöterveydenhuollon sekä ympäristönsuojelun kanssa tärkeä rooli tulvan torjuntatoimissa. Vastuu väestön perushuoltotoimista, kuten muonituksesta ja evakuoitujen majoituksen järjestämisestä kuuluu puolestaan kunnan sosiaali- ja terveystoimelle. Kunnan johto vastaa kunnan eri laitosten ja viranomaisten yhteistyön ja toiminnan koordinoimisesta sekä väestölle viestinnästä. Jos tulvasta seuraa mikrobeista tai kemikaaleista aiheutuvaa vaaraa ihmisen tai eläimien terveydelle, tulee kunnan ympäristöterveydenhuollon huolehtia alueen terveydensuojelusta. Kunnan ympäristöterveydenhuollon tehtäviin kuuluvat muun muassa juoma- ja uimaveden laadun tarkkailu sekä tulvan jälkeiset puhdistustoimet ja niihin liittyvien hygieniasoi- den neuvonta. Myös tiedotukset ja varoitukset ovat kunnan ympäristöterveydenhuollon vastuulla. Toteutuneiden tulvien jälkihoidon yhteydessä kunnan tekninen toimi vastaa vahinkojen arvioimisesta. (Gaia Group Oy 2005)

Onnettomuustilanteessa yksityisellä henkilöllä on velvollisuus ilmoittaa onnettomuudesta vaarassa oleville sekä tekemään hätäilmoitus. Lisäksi rakennuksen omistajalla ja haltijalla on velvollisuus vaaratilanteiden ennaltaehkäisyssä sekä henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojelemisessa sen mukaisesti kuin siihen omatoimisesti kykenevät. (L 379/2011). Kuvassa 12 on havainnollistettu yleispiirteisesti eri tahojen tärkeimpiä tehtäviä hulevesitulvan aikana.



Kuva 12. Toimintakaavio hulevesien aiheuttaman tulvatilanteen aikana. (Vikman et al. 2006)

3.3 Lain (620/2010) velvoitteiden toteutuminen

Suomessa hulevesitulvariskien alustava arviointi tuli olla jokaisessa kunnassa suoritettuna 22.12.2011 mennessä. Kuntien työtä helpottaakseen Kuntaliitto laati muistion, jossa selvennettiin tulvariskien hallintaa koskevassa laissa annettuja määräyksiä. Lisäksi Suomen ympäristökeskus laati kyselyn, jolla pyrittiin auttamaan kuntia tunnistamaan mahdolliset merkittävät hulevesitulvariskikohteet.

3.3.1 Suositukset merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiseksi

Hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa noudatetaan monessa kohtaa vain soveltuvien osin laissa (620/2010) annettuja määräyksiä. Tulkinnanvaraisia määräyksiä on tarkennettu yksityiskohtaisesti Kuntaliiton muistiossa *Suosituksien kunnille merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiseksi* (2011). Muistiossa annetaan ohjeita muun muassa merkittävien hulevesitulva-alueiden nimeämisestä sekä rajaamisesta. Muistiossa myös tarkennetaan mitä lain (620/2010) määrittelemä merkittävä hulevesitulvariski käytännössä tarkoittaa. Näin merkittävien hulevesitulvariskialueiden arviointiperusteiden toivottiin olevan valtakunnallisesti yhteneväiset. Lisäksi muistiossa on nostettu esiin muitakin lain (620/2010) sisältöön liittyviä kohtia, jotka liittyvät kunnan tehtäviin.

Hulevesitulvariskien merkittävyyttä arvioitaessa tulee tulvariskien hallintaa koskevan lain mukaan huomioida paikalliset tekijät. Toisin sanoen terveystieteiden evakuoiminen hulevesitulvan takia voi 2000 asukkaan taajamassa aiheuttaa suhteellisesti enemmän menetyksiä kuin yhden terveystieteiden evakuoiminen 100 000 asukkaan kaupungissa, jossa terveystieteilijöitä saattaa olla tarjolla monessa paikassa. Toisaalta jos tulva-alue ei sijaitse vaikeasti evakuoitavalla kohteella, tulisi evakuoinnin tai korjaustöiden koskea vähintään 500 asukasta. Lain (620/2010) mukaan välttämättömyyspalveluiden pitkäkestoinen keskeytyminen täyttää merkittävän hulevesitulvan kriteerit. Tällöin välttämättömyyspalveluiden tulisi kohdistua kuitenkin useisiin kohteisiin tai vaikuttaa merkittävään asukasmäärään. Tulvan merkittävyyteen tieliikenteen keskeytymisen

osalta vaikuttaisi vastaavasti todennäköisyys, liikennemäärät, kierrettävyys, korjattavuus sekä tien mahdollinen rooli tärkeänä pelastusajoneuvon ajoreittinä. Vahingollinen seuraus ympäristölle tarkoittasi välttämättömyyspalveluiden tavoin, että useampi aluehallintoviranomaisien (AVI) luvittama kohde sijaitsisi tulva-alueella. Hulevesitulvan aiheuttama korvaamaton vahinko kulttuuriperinnölle tarkoittaisi vastaavasti, että tulvan peittämällä alueella sijaitsee useita suojeltuja rakennuksia, kirjastoja, arkistoja tai museoitu, joille aiheutuisi korvaamatonta vahinkoa.

Tulvariskien hallintaa koskevassa laissa (620/2010) ja valtioneuvoston asetuksessa (659/2010) ei määritellä millä todennäköisyydellä tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvia hulevesitulvia tulisi tarkastella. Kuntaliiton muistiossa kuntia ohjeistetaan käyttämään tapahtuneiden rankkasateiden havaintoihin pohjautuvaa, noin kerran sadassa vuodessa toistuvan rankkasadetapahtuman aiheuttamaa hulevesitulvaa. Samaista kerran sadassa vuodessa toistuvaa sadetapahtumaa käytettiin Suomen Ympäristökeskuksen teettämässä hulevesitulvakyselyssä tulevaisuudessa toteutuvien hulevesitulvien arvioinnissa. Taulukossa 1 on esitetty Ilmatieteenlaitoksen ohjeistamat arvot kerran sadassa vuodessa toistuvan sadannan suuruudelle erikokoisille valuma-alueille.

Taulukko 1. Tunnin ja vuorokauden sadannan 100 vuoden toistuvuustasot erikokoisille pinta-aloille. (Suomen Ympäristökeskus, Ely-keskukset 2010.)

Pinta-ala kuvaa valuma-alueen kokoa	Etelä-Suomi (n. 60 – 62°N)		Keski-Suomi (n. 62 – 64 °N)		Pohjois-Suomi (n. 64 – 70 °N)	
	1 h	1 vrk	1 h	1 vrk	1 h	1 vrk
pistearvo	37 mm	90 mm	36 mm	85 mm	34 mm	80 mm
1 km²	35 mm	86 mm	34 mm	84 mm	32 mm	80 mm
10 km²	30 mm	83 mm	29 mm	81 mm	27 mm	77 mm
100 km²	22 mm	78 mm	21 mm	75 mm	19 mm	71 mm
1000 km²	13 mm	64 mm	13 mm	62 mm	13 mm	58 mm

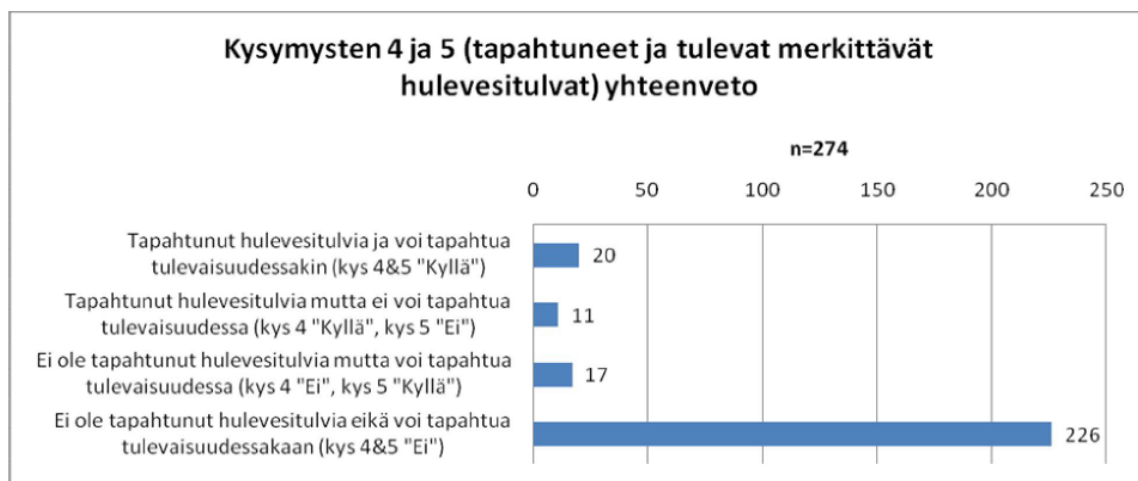
Jos kunta päättää nimetä alueen merkittäväksi hulevesitulva-alueeksi, tulee kohteesta laatia lain (620/2010) mukaan tulvavaarakartat. Kuntaliiton muistion mukaan karttojen rajauksen sisällä tulisi sijaita vähintään suurin osa, yleiseltä kannalta katsoen riskialttiista kohteista. Liian laajaa rajausta ei pidetä kuitenkaan kustannussyistä ja työmäärän takia järkevänä. (Kuntaliitto 2011)

3.3.2 Suomen ympäristökeskuksen hulevesitulvakysely

Merkittävien hulevesitulvariskialueiden määrittämisen helpottamiseksi Suomen ympäristökeskus laati vuonna 2010 Internet-kyselyn ja siihen liittyvän taulukon hulevesitulvista. Tarkoituksena oli tarjota kunnille apua hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa auttamalla kuntia tunnistamaan mahdolliset merkittävät hulevesitulvariskikohteet tai toteamaan, ettei merkittäviä hulevesitulvariskejä kunnassa ole. Kyselyyn vastattiin olemassa olevien tietojen perusteella, joiden puuttuessa riskiarvioinnin tuli perustua kunnan viranomaisten arvioihin. Kyselyn vastauksien perusteella jokaiselle vastanneelle

kunnalle lähetettiin raporttipohja, jonka oli tarkoitus toimia hulevesitulvia koskevan päätöksenteon ja kuulemisen tukena. Lokakuussa 2010 valmis kysely lähetettiin kunta-kohtaisesti 327 kuntaan ja vastausaikaa annettiin helmikuuhun 2011 asti.

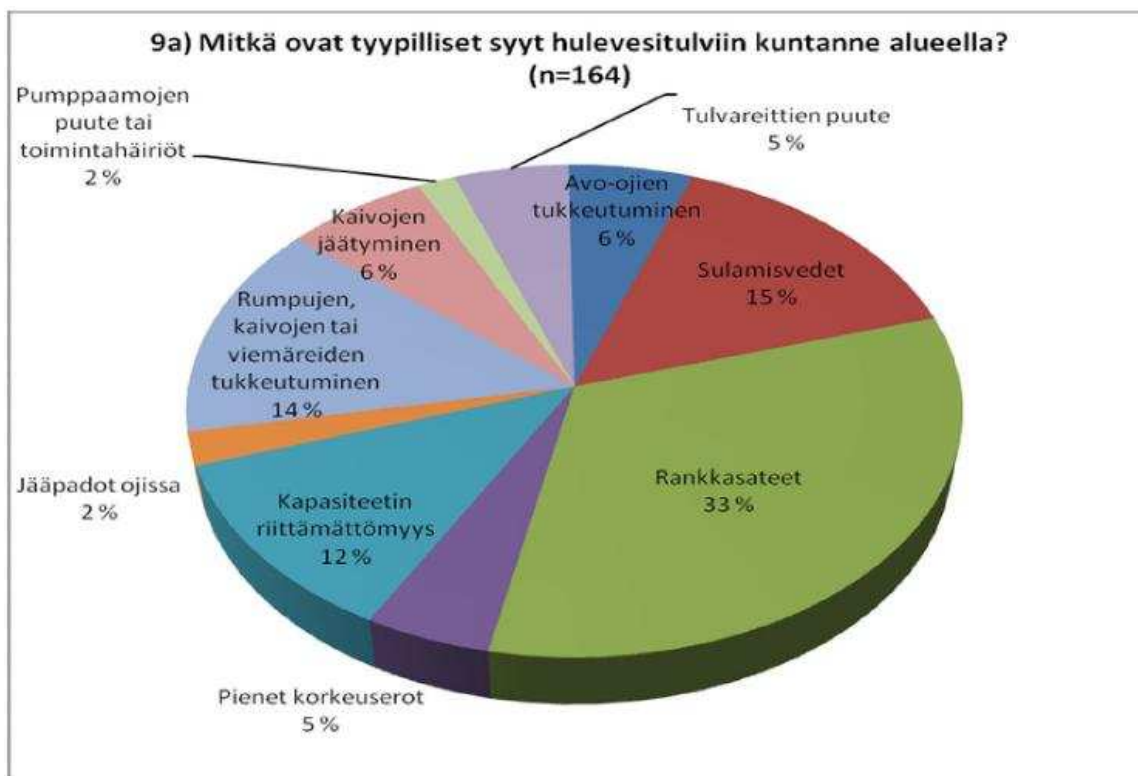
Kyselyyn osallistui 274 kuntaa. Yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä hulevesitulvia oli vastauksien perusteella ilmennyt 31 kunnassa. Tulvat olivat kestoaltaan tyypillisesti noin puoli vuorokautta, mutta pisimmät hulevesitulvat olivat jopa viikon pituisia. Toteutuneiden hulevesitulvien toistuvuudeksi kunnat arvioivat yleisimmin kerran 50–100 vuotta ja kerran 10–50 vuotta. Harvinaisimpien tulvien toistuvuudeksi arvioitiin jopa kerran 200 vuoden toistuvuus. Tunnin pituisien rankkasateiden intensiteetin mediaani oli 39 mm/h keskiarvon ollessa 46 mm/h. Vastaavasti vuorokauden sadannan mediaani oli 110mm/vrk ja keskiarvo 100 mm/vrk. Tulva-alueiden laajuus oli tyypillisesti noin 10 hehtaaria. 37 kuntaa vastasi, että kunnassa on alueita, joissa voi tulevaisuudessa esiintyä yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä hulevesitulvia. Kuvassa 13 on esitetty kuntien vastaukset yleiseltä kannalta katsoen merkittävistä hulevesitulvista.



Kuva 13. Kuntien vastaukset todetuille yleiseltä kannalta katsoen merkittävien hulevesitulvien esiintymisestä. (Suomen ympäristökeskus. 2011)

Todetuista yleiseltä kannalta katsoen merkittävistä hulevesitulvista pyydettiin kuntia täyttämään erillinen taulukko, jossa hulevesitulvista kysyttiin tarkempia tietoja. Taulukossa pyydettiin muun muassa ilmoittamaan hulevesitulvien tyypillisimmät syyt, tulvista aiheutuneet vahingot sekä arvio toteutuneiden vahinkojen suuruudesta. Koettujen hulevesitulvien vahingot eivät kyselyn perusteella olleet suuria. Asunnoistaan oli enimmillään joutunut poistumaan noin 50 henkilöä, mutta yksikään hulevesitulva ei ollut aiheuttanut suoria kuolemia tai terveyshaittoja. Sairaaloita tai muita erityiskohteita oli jouduttu sulkemaan kahdessa tapauksessa, mutta useassa vastauksessa oli todettu vastaavanlaisien rakennuksien kärsineen tulvista. Tulvien aiheuttamat liikennekatkokset olivat pisimmillään noin neljän vuorokauden pituisia ja energiahuollolle sattuneet vahingot olivat satunnaisia sähkökatkoksia. Jätevedenpuhdistuskatkojen tai ohijuoksutustilanteiden pituus oli enimmillään vain muutamia tunteja. Kulttuuriperinnölle oli aiheutunut vahinkoja kolmessa tulvatapahtumassa. Rahallisesti arvioituna tulvavahinkojen moodi, eli useimmin esitetty arvo, oli vastauksien perusteella noin 100 000 €, suurimpi-

en vahinkojen ollessa noin 2 000 000 €. Kuvassa 14 on esitetty kyselyn vastauksista laadittu kooste hulevesitulvien tyypillisimmistä syistä.



Kuva 14. Tyypillisimmät syyt hulevesitulvien syntyyn. (Suomen ympäristökeskus 2011)

Tulevaisuudessa tapahtuvien hulevesitulvien vahinkojen arvioitiin kuitenkin olevan yhtä suuria tai tapahtuneita tulvavahinkoja pienempiä. Vain yksi kunta vastasi, että tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvan hulevesitulvan vahingot voisivat olla sattuneita tulvavahinkoja suurempia. Tyypillinen tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuva hulevesitulva aiheuttaisi liikennekatkoja, viemäreiden täyttymistä sekä häiriöitä vedenjake- lussa, sähkönsiirrossa ja tietoliikenteessä. Suurin terveysriski nähtiin juomaveden pilaantumisessa ja suurin ympäristön pilaantumisriski jätevesipäästöissä. Arvioitujen kokonaisvahinkojen suuruuden moodi oli 300 000€ ja keskiarvo hieman yli 1 000 000€.

Kuntaliiton antamat suositukset merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä annettiin vasta toteutetun kyselyn jälkeen. Näin ollen kuntien antamat vastaukset perustuivat lähinnä kuntien omiin mielipiteisiin. Osa ilmoitetuista merkittävistä hulevesitulvista saattoi myös koskea vesistötulvia, sillä hulevesitulvan erottaminen vesistötulvasta ei aina ole yksiselitteistä. Kyselyn tuloksia kuitenkin verrattiin Kuntaliiton muistiossa (2011) esitettyihin suosituksiin ja todettiin, että yksi hulevesitulvatapahtuma ylitti muistiossa esitetyt merkittävyyden kriteerit. Tulevaisuudessa ilmenevien hulevesitulvien osalta kuusi tulvatapahtumaa voisi ylittää samaiset kriteerit. Osa näistä merkittävistä tulvatapahtumista olisi kuitenkin hulevesitulvan ja vesistötulvan yhteisvaikutuksesta syntyvä poikkeustilanne.

Kyselyssä selvitettiin myös kuntien aikaisempaa aktiivisuutta hulevesien ja hulevesitulvien suhteen. Vastauksien perusteella todettiin, että vain 6 % vastanneista kunnista oli aikaisemmin laatinut hulevesitulviin liittyviä selvityksiä. Lisäksi vain 10% vastanneista ilmoitti antaneensa kuntalaisille ohjeistusta hulevesitulviin varautumisesta. Sen sijaan noin 86 % kunnista ilmoitti kuitenkin olevansa teknisin toimin varautunut hulevesitulviin ja noin 90 % vastanneista kunnista ilmoitti, että hulevedet ja hulevesitulvat huomioidaan alueiden käytön suunnittelussa. (Suomen ympäristökeskus 2011)

3.3.3 Suomen merkittävät hulevesitulvariskialueet

Suomen 320 kunnasta noin sata sai alueensa hulevesitulvariskit arvioitua määrääikaan mennessä. Jopa joka toisen kunnan virallinen päätös puuttui vielä huhtikuussa 2012. Kaikista kunnista saatiin kuitenkin vähintään suullinen tieto hulevesitulvariskistä. Laadittujen arviointien perusteella Suomesta ei toistaiseksi kuitenkaan löydetty yhtään merkittävän hulevesitulvan riskialuetta. (Rakennuslehti 4.4.2012). Suomen ympäristökeskuksen kehitysinsinöörin Antti Parjanteen mukaan muutama kunta joutui alustavassa arvioinnissa kuitenkin tarkasti pohtimaan merkittävän hulevesitulvariskialueen nimeämistä. Tarkempien tarkasteluiden perusteella lain (620/2010) merkittävän hulevesitulvariskin kriteerien ei kuitenkaan katsottu täyttyneen ja jotkut kunnat päättivät hallita hulevesitulvariskejään omin toimin. (Parjanne 2012)

3.3.4 Suomen merkittävät vesistö- ja meritulvariskialueet

Maa- ja metsätalousministeriö nimesi 20.12.2011 ELY-keskusten ehdotusten perusteella yhteensä 21 merkittävää tulvariskialuetta. Näistä 17 sijaitsi sisämaassa vesistöjen varrella ja neljä rannikkoalueilla. (Maa-metsätalousministeriön verkkosivut 2012)

Yksi merkittävistä tulvariskialueista oli Helsingin ja Espoon rannikkoalue, jossa merkittävyyden perusteena olivat lukuisat vaikeasti evakuoitavat rakennukset ja merkittävälle tulvavahingolle alttiina olevat maantiet, pääkadut sekä rautatiet. Lisäksi kaupungin kaavoituspaineen katsottiin lisäävän erittäin harvinaisella tulvatapahtumalla merkittävien vahingollisten seurauksien riskiä. Helsingin ja Espoon rannikkoalue on asukasmäärältään merkittävin alue, joka nimettiin merkittäväksi tulvariskialueeksi. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2012). Kuvassa 15 on kootusti esitetty perustelut tulvariskialueiden merkittävyyden perusteena olevista vahingollisista seurauksista.

Vesistöjen ja merenpinnan noususta aiheutuvat tulvat.	asukkaat	vaikeasti evakuoitavat rakennukset	vedenottamot	voimalaitokset ja sähköasemat	tietoliikenteen rakennukset	katkenneet maantiet, pääkadut ja rautatiet	lentoasemat	muut yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja turvaavan taloudellisen toiminnan kohteet	ympäristöä pilaaavat laitokset/toiminnot	vesimuodostumien tilan heikkeneminen	rakennetut kulttuuriympäristöt	kirjastot, arkistot ja museot	kaavoituspaine
Nimi													
Helsingin ja Espoon rannikkoalue	25 000	58				20							
Pori	20 000	20	1	20	10	10		2	50				
Rovaniemi	10 000			1									
Tornio	3 000												
Riihimäen keskusta	2 800		1										
Jyväskylä	1 700		1			2				1	1		
Turun, Raision, Naantalin ja Rauman rannikkoalue	1 500	7		20	2	9		6	20				
Kemijärven keskusta	1 500								3			1	
Ilmajoki-Seinäjoki	1 300								2				
Huittinen	1 200		1	3		6			20				
Laihia-Runsor	1 100						1		2				
Haminan ja Kotkan rannikkoalue	1 000												
Kymijoen alaosa	1 000												
Ivalon taajama	1 000	1		2									
Alavieska-Ylivieska	800	5											
Pudasjärven keskusta	700	1		2									
Ylistaro-Vähäkyrö	700												
Lapua	700								1				
Kittilän kirkonkylä	700		2									1	
Salon keskusta	500	3		4		1			10				
Loviisan rannikkoalue	500			1		5			1				

Kuva 15. Merkittävät tulvariskialueet ja merkittävyyden perusteena olevat vahingolliset seuraukset. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2012)

4 HELSINGIN HULEVESITULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI

Tässä luvussa käydään yksityiskohtaisemmin läpi, kuinka hulevesitulvariskien alustava arviointi suoritettiin Helsingin kaupungin osalta.

4.1 Selvitysalueen kuvaus

Helsingin pinta-ala on noin 716 km², josta maata on noin 214 km² ja makean veden aluetta 0,9 km². Meriveden peittämää aluetta Helsingissä on noin 501 km². (Maanmittauslaitos 2011). Tulevaisuudessa kaupunkirakenteen arvioidaan tiivistyvän erityisesti teollisuus- ja satama-alueiden uuteen käyttötarkoitukseen ottamisen johdosta sekä asuin- ja toimitila-alueiden täydennysrakentamisen seurauksena. (Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto 2008) Kuvassa 16 on havainnollistettu Helsingin kaupungin nykyistä maankäyttöä.

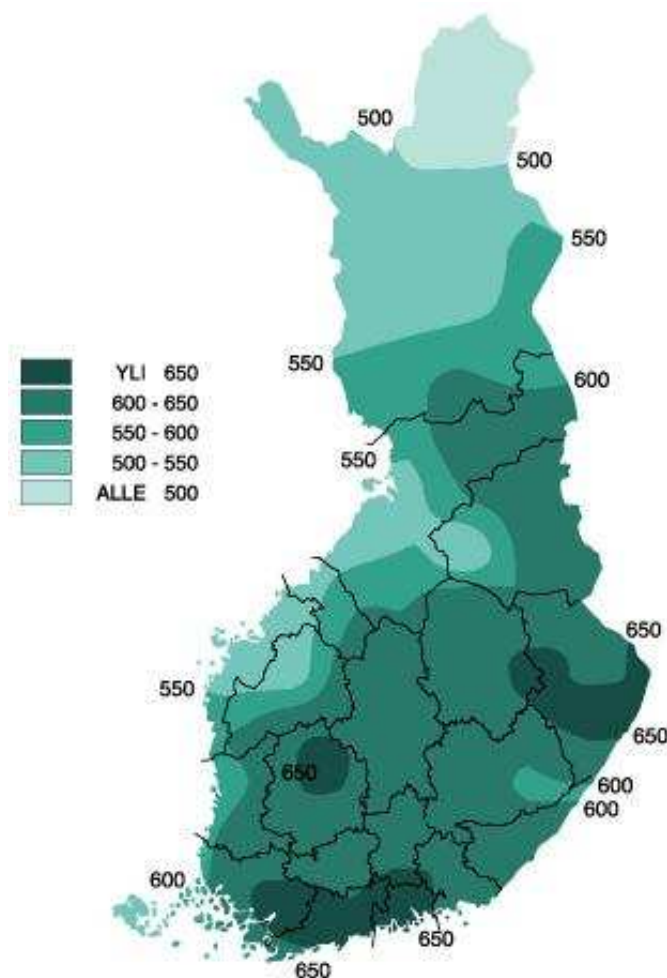


Kuva 16. (Helsingin kaupungin ympäristökeskus 2009)

Kaupunki on väkiluvultaan Suomen suurin kunta. 31.10.2011 Helsingin väkiluku oli väestörekisterikeskuksen (2011) mukaan 594 523, ja väestöennusteiden perusteella Helsingin väkiluvun arvellaan kasvavan jopa vajaaseen 675 000 asukkaaseen vuoteen 2040 mennessä. (Tilastokeskus 2011). Helsinki on myös Suomen tiheimmin asuttu kunta asukastiheyden ollessa keskimäärin vajaa 30 asukasta hehtaaria kohden. (Kunnat.net. 2011).

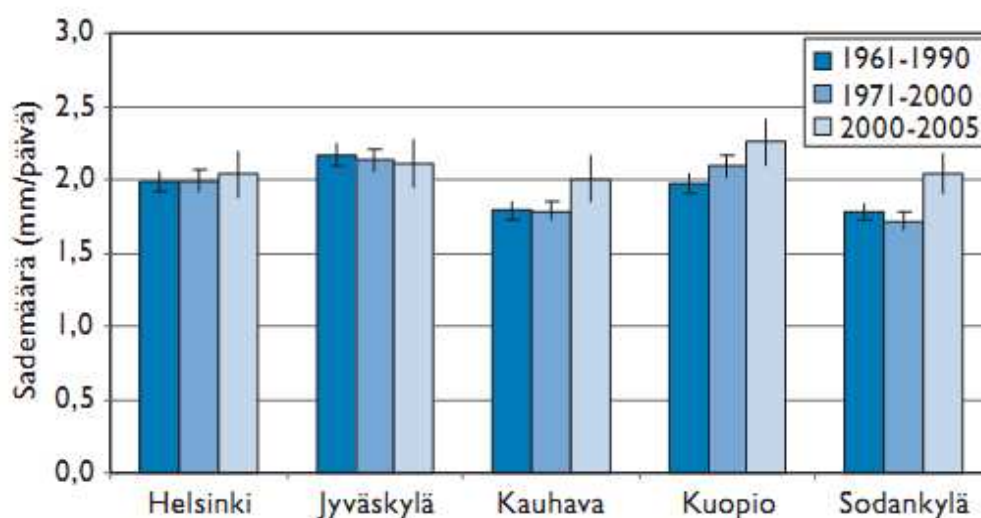
4.1.1 Paikallinen hydrologia

Ilmastolliselta pääalueeltaan Helsingin keskusta kuuluu hemiboreaali- eli tammimetsävyöhykkeeseen. Helsingin paikalliseen hydrologiaan vaikuttaa meren läheisyys, joka lisää sadantaa etenkin alkukesästä. (Kilpeläinen 2006). Vuotuinen sademäärä vaihtelee Helsingissä 600 mm:n molemmiin puolin. Vuosien 1971 ja 2000 välisenä aikana vuoden sademäärän keskiarvo 642 mm on mitattu Helsingin Kaisaniemen mittausasemalla. Määrä on valtakunnallisesti verrattuna hieman suurempi kuin maamme pohjois- tai keskiosissa. (Ilmatieteenlaitos 2011). Kuvassa 17 on esitetty Suomen keskimääräistä vuosisadantaa.



Kuva 17. Suomen keskimääräinen vuosisadanta vuosien 1971 ja 2000 välisenä aikana. (Ilmatieteenlaitos 2011)

Helsingin lähistöllä Espoon Lahnuksella on esiintynyt Suomen suurin vuorokausisadanta. 21.7.1944 Lahnuksella satoi vuorokauden aikana noin 198 mm, joka vastaa noin kolmasosaa Uudenmaan keskimääräisestä vuosisadannasta. Helsingin Kaisaniemessä suurin vuorokausisademäärä on puolestaan 79,3 mm, joka mitattiin 24.7.1993. Sademäärä vastaa likimain Suomen ympäristökeskuksen määrittelemää kerran sadassa vuodessa toistuvaa vuorokausisadantaa. Yleisesti tarkasteltuna Helsingin keskimääräiset vuorokausisademäärät eivät kuitenkaan ole merkittävän poikkeavia, vaan ovat hyvin lähellä muiden Suomen kaupunkien keskiarvoja. Kuvassa 18 on vertailtu Helsingin, Jyväskylän, Kauhavan, Kuopion ja Sodankylän sadepäivien keskimääräisiä vuorokausisademääriä. (Aaltonen et al. 2008)

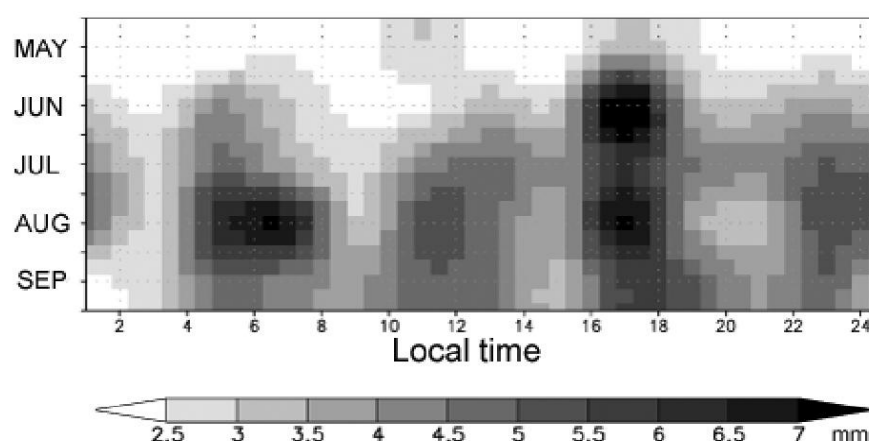


Kuva 18. Helsingin, Jyväskylän, Kauhavan, Kuopion ja Sodankylän sadepäivien keskimääräiset vuorokausisademäärät. (Aaltonen et al. 2008)

Kilpeläinen et al. (2008) ovat julkaisussaan tutkineet Helsingin Kaisaniemen kesäsateita sekä niiden ilmastollisia piirteitä. Tutkimuksessa käytetty aineisto oli kerätty vuosilta 1951–2000 toukokuun ja syyskuun lopun väliseltä ajalta Kaisaniemen mittausaseman piirtävästä sademittarista.

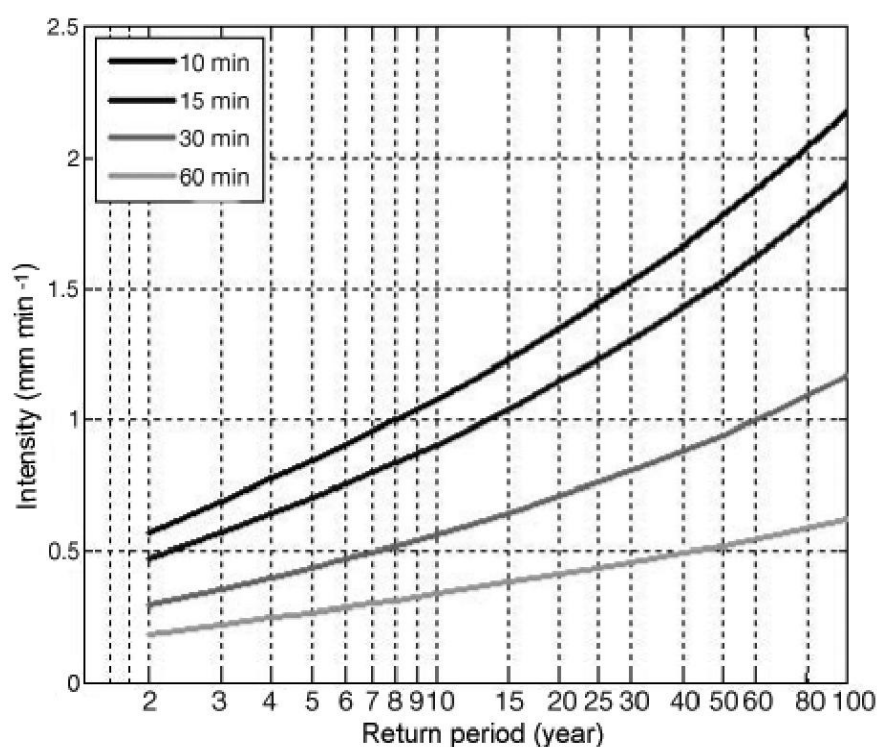
Yksittäisien sadetapahtumien määrän todettiin kasvavan alkukesästä loppukesää kohti toukokuun ollessa tutkimusjakson vähäsateisin kuukausi. Toukokuun vähäiset sadetapahtumat olivat kuitenkin tutkimusjakson pitkäkestoisimmat, sillä keskikesälle tyypilliset konvektiiviset sateet olivat usein lyhytkestoisia. Syyskuussa sateiden kestoai-ka oli tutkimuksen mukaan jälleen lähes sama kuin toukokuussa. Tutkimuksissa todettiin myös, että Helsingin sateet ovat tyypillisesti lyhytkestoisia. Noin puolet sadetapahtumista kesti yli puoli tuntia ja vain 1,4 % sadetapahtumista kesti vähintään kuusi tuntia.

Sadetapahtumien aikana sataneen veden määrän todettiin kasvavan toukokuusta elokuuhun, jonka jälkeen trendi oli laskeva. Yksittäisten sadetapahtumien sademäärät olivat suurimmillaan heinäkuussa ja elokuussa kello 16:00 ja 18:00 välisenä aikana. Lisäksi elokuun sateissa oli havaittavissa maksimi kello 6:00 ja 8:00 välisenä aikana. Toukokuussa ja syyskuussa vuorokaudenajalla ei sen sijaan havaittu yhtä suurta merkitystä. Kuva 19 esittää keskimääräisen kuukausisadesumman vuorokausivaihtelun.



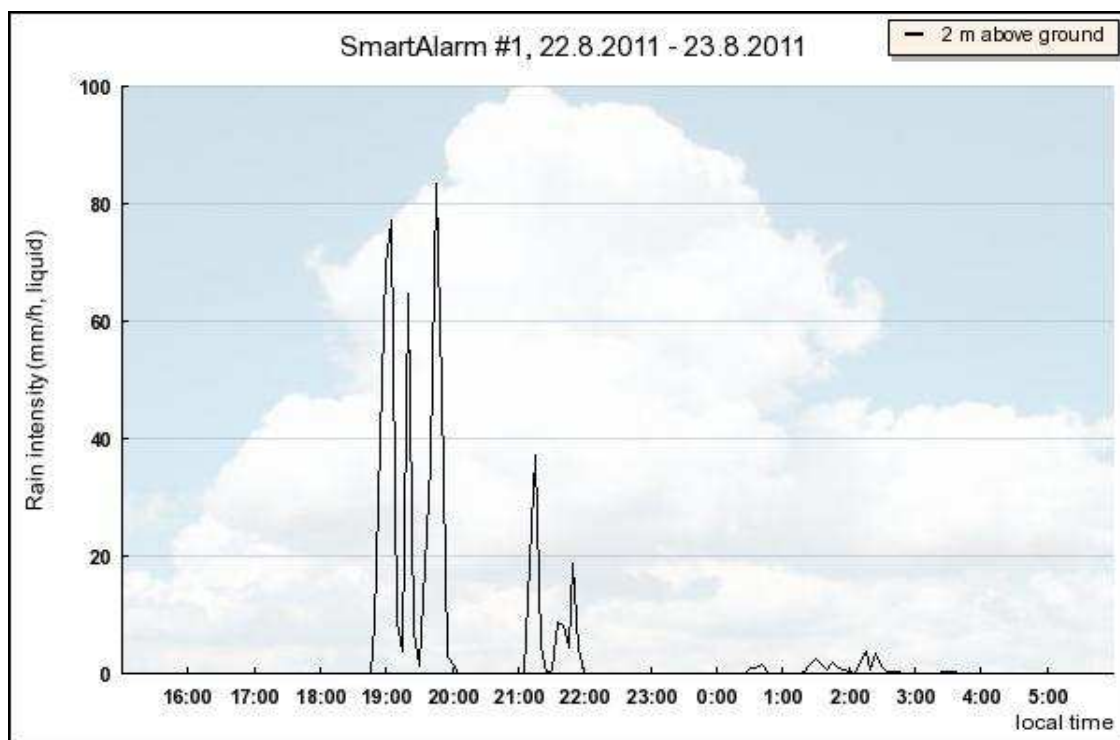
Kuva 19. Keskimääräisen kuukausisadesumman vuorokausivaihtelu. Tulokset on saatu jakamalla kuukausisadesumman 24 tunnin jaksoihin. (Kilpeläinen et al. 2008)

Tutkimuksessa määriteltiin myös tutkimusajanjakson aikana ilmenneiden sateiden intensiteetit sekä niiden toistumisajat. Kuten yksittäisien sadetapahtumien sademäärät, myös sateiden intensiteetti kasvoi toukokuusta elokuuhun, jonka jälkeen trendi oli laskeva. Keskimäärin joka kahdeksas vuosi ilmeni yli 10 minuuttia kestävä sadetapahtuma, jonka intensiteetti ylitti arvon 1 mm/min. Analyysien perusteella toistumisaika yli puolen tunnin sadetapahtumalle, jonka intensiteetti ylitti 1 mm/min, oli sen sijaan yli 50 vuotta. Kuva 20 esittää tulokset 10, 15, 30 ja 60 minuutin sateiden intensiteettien toistuvuuksille.



Kuva 20. Keskimääräiset toistumisajat 10, 15, 30 ja 60 minuutin sateen intensiteeteille. Toistumisajat perustuvat GEV-jakaumaan ja ne on määritetty Helsingin Kaisaniemen mittausaseman tuloksista. (Kilpeläinen et al. 2008)

Elokuun 22 päivä 2011 Helsingissä ilmeni poikkeuksellinen raju rankkasade, jonka johdosta kaupungissa ilmeni useita hulevesitulvia. Helsingin Kaisaniemen mittausasemalla sadetta mitattiin tuolloin noin 40 mm reilun tunnin sisään. (Helsingin Sanomat 2011). Sademäärä vastasi karkeasti Kuntaliiton (2011) antaman muistion mukaista kerran sadassa vuodessa toistuvaa sadetapahtumaa. Myös sateen intensiteetti oli huomattavan suuri. Helsinki Testbed-tutkimusprojektin julkaisemien mittaustuloksien perusteella sateen intensiteetti ylsi ajoittain jopa 80 mm/h intensiteettiin. Sadetapahtuman suurimmat intensiteettihiiput kestivät hyvin lyhyen ajan, karkeasti noin puoli tuntia. Kovimman rankkasateen lakattua havaittiin samaisella mittausasemalla toinen hyvin rankka sadetapahtuma, jossa sateen intensiteetiksi mitattiin enimmillään noin 40 mm/h. Havaittu rankkasadetapahtuma vastasi rajuimmillaan näin ollen karkeasti Kilpeläinen et al. (2008) määrittelemää kerran sadassa vuodessa toistuvaa puolen tunnin pituista rankkasadetapahtumaa. Kuvassa 21 on esitetty Helsinki Testbed -projektin julkaisemia mittaustuloksia 22.8.2011 päivän rankkasateelle. Mittaukset on suoritettu Helsingin rautatieaseman eteläpuolella, Kaivokadun ja Asema-aukion risteyksen lähellä.



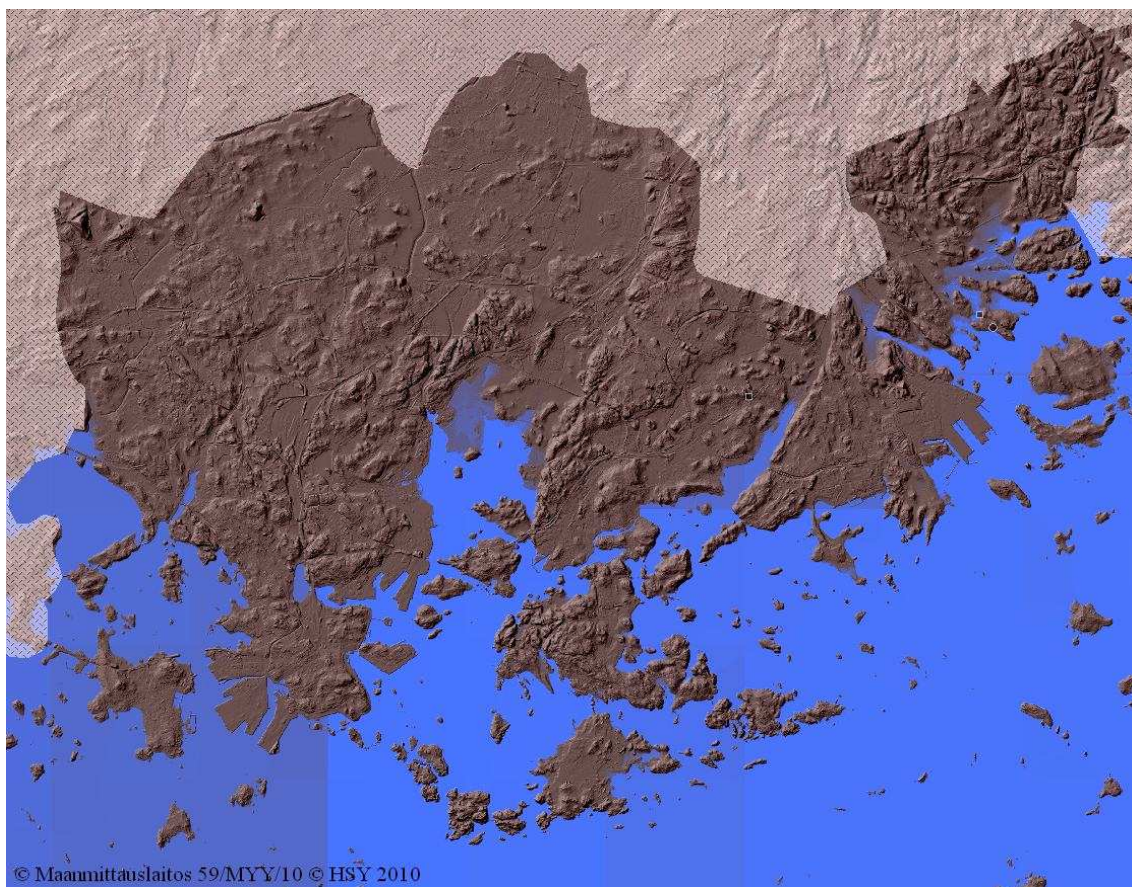
Kuva 21. 22.8.2011 sattuneen rankkasateen intensiteettijakauma. (Helsinki Testbed 2012)

Talvella meren läheisyys vaikuttaa Helsingin lumipeitteen tuloon. Lämmin merivesi ja lounaasta liikkuvat matalapaineet voivat pitää ilman lämpötilan lauhana estäen ensimmäisen lumipeitteen syntymisen. Toisaalta lämmin meri ja rannikon suuntainen itätuuli voivat talvella myös synnyttää runsasta lumen tuloa. Ensimmäinen lumipeite syntyy Uudenmaan rannikolla keskimäärin 15.-20. päivä marraskuuta. Pysyvä lumipeite on sen sijaan vuosien 1971 ja 2000 välisenä aikana tullut Helsingin Kaisaniemeen keskimäärin 30.12. Pysyvä lumipeite häviää pääkaupunkiseudulta keskimäärin maalis-huhtikuun vaihteessa.

Talvien välillä on kuitenkin suuria eroja riippuen alkutalven sääoloista. Esimerkiksi vuosien 2007-2008 välisenä talvena Helsingin Kaisaniemessä pysyi lumipeite pisimmillään maassa vain yhdeksän päivää. Pisimmillään talven lumipeite on sen sijaan pysynyt jopa yli viisi kuukautta. Vastaavasti myös lumensyvyudet vaihtelevat talvien mukaan paljon. Esimerkiksi maaliskuussa 1941 Kaisaniemessä mitattiin 109 cm lunta. Tällöin kahden päivän aikana oli satanut peräti 55cm lumikerros. (Venäläinen et al. 2010). Lumiolot ja talven lumentulo vaikuttavat myös hulevesien muodostumiseen etenkin keväällä lumien sulaessa. Mitä vähänlumisempi talvi on kyseessä, sitä tasaisemmin hulevesiä muodostuu eri vuodenaikojen välillä.

4.1.2 Paikallinen topografia

Helsingin kaupunki on hyvin pitkälti alavaa aluetta, jossa ei esiinny merkittävästi jyrkkiä korkeuseroja. Myös naapurikunnat ovat yleisesti ottaen topografisten piirteiden suhteen Helsingin kaltaisia. Helsingin kaupungissa on kuitenkin useita pieniä maastonpainanteita, joista hulevedet eivät ainakaan maanpintojen perusteella pääse poistumaan. Paikkatieto-ohjelmien avulla määritetyistä maastonpainanteista kerrotaan tarkennetusti kappaleessa 4.2.2. Kuvassa 22 on havainnollistettu Helsingin kaupungin yleispiirteisiä topografisia piirteitä pääkaupunkiseudun korkeusmallin avulla.



Kuva 22. Helsingin kaupungin korkeusmalli. Tumman ruskealla värillä on eroteltu Helsingin kaupungin alue. (HSY 2010)

Helsingin rannikkoalueiden topografia on puolestaan vaihtelevaa, ja vain pieni osa kaupungin pinta-alasta on niin matalalla, että merivesi voi noustessaan päästä kaduille ja rakennusten maanpäällisiin osiin. Helsingin kantakaupungin alimmat katukorkeudet ovat noin NN +1,5 tasolla. (Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto 2010)

4.1.3 Hulevesien hallinta Helsingissä

Helsingin kaupunki on pääosin rakennettua aluetta, ja käyttämättömiä tai luonnontilaisia alueita löytyy vähän. Tiivis rakentaminen onkin usein johtanut laajoihin ongelmiin hulevesien käsittelyn ja johtamisen suhteen. Pääsääntöisesti hulevedet johdetaan kaupungin alueella erillisessä hulevesiviemäriverkostossa ja niihin liittyvissä valtaojissa. Yksittäisissä tapauksissa kaupungista löytyy myös kiinteistöjä, joissa hulevedet on käsitelty omilla tonteilla ja ojajärjestelmillä. Keskusta-alueella ja joissakin ennen 1960-lukua rakennetuilla esikaupunkialueilla erillisviemärintiä ei ole kuitenkaan rakennettu ja hulevedet johdetaan sekaviemäroinnin avulla Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Sekaviemäroinnin ylivuotokaivoja on 60. Vuonna 2006 hulevesiviemäriverkostoa oli Helsingissä noin 800 km ja sekaviemäroityä verkostoa noin 250 km.

Helsingin kaupunki on laatinut hulevesistrategian, jossa käsitellään kaupungin omia toimenpiteitä hulevesien hallinnan edistämiseksi ja hulevesistä johtuvien haittojen poistamiseksi. Esitettyjä toimenpiteitä ovat muun muassa hulevesien luonnonmukaisen, hidastavan ja avoimen käsittelyn edistäminen, kiinteistöjen yhteisien hulevesijärjestelmien edistäminen, hulevesiä koskevien ehtojen ja määräyksien antaminen erilaisissa sopimuksissa sekä hulevesiä koskevan suunnittelun ja rakentamisohjeiden yhdenmukaistaminen ja täydentäminen. Hulevesitulvien ehkäisyn kannalta tärkeä toimenpideehdotus on lisäksi hulevesiä muodostavien valuma-alueiden asettaminen esimerkiksi kaavoituksessa suunnittelun lähtökohdaksi. Toimenpiteiden toteutus aloitettiin heti strategian hyväksymisen jälkeen. Vuonna 2013 on tarkoitus raportoida strategian toteutumista ja esittää kootusti strategiassa toteutuneet toimenpiteet. Hulevesistrategian pohjalta perustettu hulevesiryhmä vastaa toimenpiteiden seurannasta ja raportoinnista. (Nurmi et al. 2008)

Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen 16§:ssä on annettu määräyksiä hulevesien ja perustusten kuivatusvesien poisjohtamisesta. Määräyksissä korostetaan muun muassa hulevesien imeyttämistä ja hallittua poisjohtamista, josta ei aiheudu huomattavaa haittaa naapureille. Lisäksi määräyksien mukaan rakennuslupahakemukseen on liitettävä selvitys hulevesi- ja perustusten kuivatusvesijärjestelmän rakentamisesta tai olemassa olevasta järjestelmästä, sen riittävyydestä, toimivuudesta ja kunnossapidosta. Tarvittaessa rakennuslautakunta voi määrätä alueen kiinteistön omistajat tai haltijat suunnittelemaan ja toteuttamaan kiinteistöjen yhteisen hulevesi- ja perustusten kuivatusvesijärjestelmän, jos sen katsotaan olevan alueen vesiolosuhteiden perusteella välttämätön. (Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto 2010)

Hulevesitulvien suunnittelussa Helsingissä käytetään apuna eri mitoitussateita. Kaupungin erillisviemäroinnin mitoitussateena käytetään kerran kahdessa vuodessa

toistuvaa 10 minuutin rankkasadetta, jonka rankkuus vastaa 125 l/s/ha. Mitoitussateen ylittävien sateiden aikana lyhytaikainen tulviminen ja lammikoituminen voidaan sallia alueilla, joissa vahingot eivät ole merkittäviä. Lähtökohtaisesti tulvivat hulevedet pyritäänkin tulvareittejä pitkin ohjaamaan vahinkoalueilta pois. Tulvareittien tai tulvaputkien mitoituksessa käytetään kerran 50 vuodessa toistuvaa 10 minuutin rankkasadetapahumaa, jonka intensiteetti on 275 l/s/ha. Hulevesitulviin varaudutaan myös osayleiskaavoitukseen liittyvissä hulevesien hallintasuunnitelmissa, joissa ratkaistaan alueellisen kuivatuksen ja pintavesien hallinnan periaatteet. Hallintasuunnitelmissa päätetään muun muassa se, käytetäänkö alueilla täydellistä hulevesiviemäröintiä vai pyritäänkö hulevesien hallinnassa käyttämään muita hallintamenetelmiä, kuten hidastusta ja imeytystä. Suunnitelmissa selvitetään nykyiset pintavalunnan reitit sekä määritellään mahdollisten hallintaratkaisujen tilantarpeet ja sijoituspaikat. Osayleiskaavassa pyritään kaavamääräysin ja -merkinnöin varmistamaan riittävä ohjausvaikutus asemakaavoitusta varten (Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto 2010)

Hulevesien hallintaan liittyvä vastuunjako on Helsingin kaupungissa jaettu niin, että Helsingin Vesi vastaa hulevesi- ja viemäriverkostoon kulkeutuvan huleveden poisjohtamisesta. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston tehtävänä on vähentää maankäytön keinoin olemassa oleville rakenteille mahdollisesti syntyviä tulvavahinkoja sekä inventoida ja arvioida olemassa olevat tulvavaara-alueet. Helsingin rakennusvalvontaviraston tehtävänä on puolestaan ohjata rakentamista lupamenettelyiden ja valvonnan avulla, jolloin mahdolliset tulvatilanteet myös huomioidaan. Helsingin kaupungin rakennusvirasto vastaa nykyisten tulvimisesta kärsivien asuinalueiden suojauksen suunnittelusta ja toteutuksesta. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2008)

4.2 Merkittävien hulevesitulvariskien arviointi

Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustava arviointi laadittiin muun muassa kokemusperäisien ja paikkatietoanalyseistä saatujen tietojen avulla. Arvioinnin tarkoituksena oli selvittää, onko Helsingin kaupungissa aikaisemmin ilmennyt tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) mukaisia merkittäviä hulevesitulvia sekä arvioida tulevaisuudessa mahdollisesti esiintyviä merkittäviä hulevesitulvia. Tulevaisuudessa mahdollisesti toteutuvien hulevesitulvien arvioinnit perustuivat Suomen ympäristökeskuksen ohjeistamaan kerran sadassa vuodessa toistuvaan sadetapahtumaan, jossa ilmastonmuutoksen mahdollinen vaikutus sateisiin myös huomioitiin.

4.2.1 Kokemusperäisen tiedon kerääminen

Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tuli perustua muun muassa aikaisemmin toteutuneiden tulvien ja niiden seurauksien arvioimiseen. Tietoja toteutuneista hulevesitulvista saatiin muun muassa Helsingin kaupungin rakennusvirastolta, joka oli kerännyt tietoja kaupungin asukkailta. Tietojen keräämistä varten laadittiin myös Internet-pohjaisen kyselytutkimuksen, jossa kartoitettiin havaittuja hulevesitulvia sekä etsittiin kaupungin hulevesitulvariskialueet. Lisäksi hulevesitulvariskien alustavaa arviointia varten oli käytettävissä pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO sekä Liikenneviraston ylläpitämä HÄTI-järjestelmä.

Konsultin esitys Helsingin kaupungin merkittävistä hulevesitulva-alueista oli yleisön nähtävillä noin kahden viikon ajan, jolloin Helsingin kaupungin rakennusvirasto keräsi yleisön palautetta muun muassa KerroKartalla-vuorovaikutuspalvelun avulla. Yleisön palautteesta saatiin tietoa uusista kohteista, joissa hulevesitulvia oli havaittu esiintyvän. Nähtävilläolon aikana kerättyä yleisöpalautetta hyödynnettiin myös hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa.

4.2.1.1 Hulevesitulvakyselyt

Helsingin kaupunki osallistui Suomen ympäristökeskuksen laatimaan hulevesitulvakyselyyn, jonka tarkoituksena oli toimia alustavan arvioinnin apuna. Kyselyyn osallistui kaupungin hulevesityöryhmä, joka koostui useista kaupungin eri viranomaisista. Helsingin kaupungin vastaukset annettiin hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin yhteydessä myös konsultin käyttöön. Suomen ympäristökeskuksen kysely koski pääosin merkittävien hulevesitulvariskien arviointia ja kuntien yleistä varautumista hulevesitulviin.

Lähtötietojen keräämistä varten selvitystyössä laadittiin myös konsultin oma Internet-pohjainen hulevesitulvakysely, johon osallistui tahoja Helsingin kaupungin liikennevirastosta, Helsingin kaupungin rakennusvirastosta, Helsingin kaupungin kiinteistövirastosta, Helsingin kaupungin liikuntatoimesta, Helsingin kaupungin pelastuslaitoksesta, Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirastosta ja Helsingin kaupungin rakentamispalvelusta. Kutsu kyselyyn lähetettiin henkilökohtaisesti henkilöille, joiden katsottiin työtehtäviensä puolesta tietävän Helsingin kaupungissa toteutuneista hulevesitulvis-

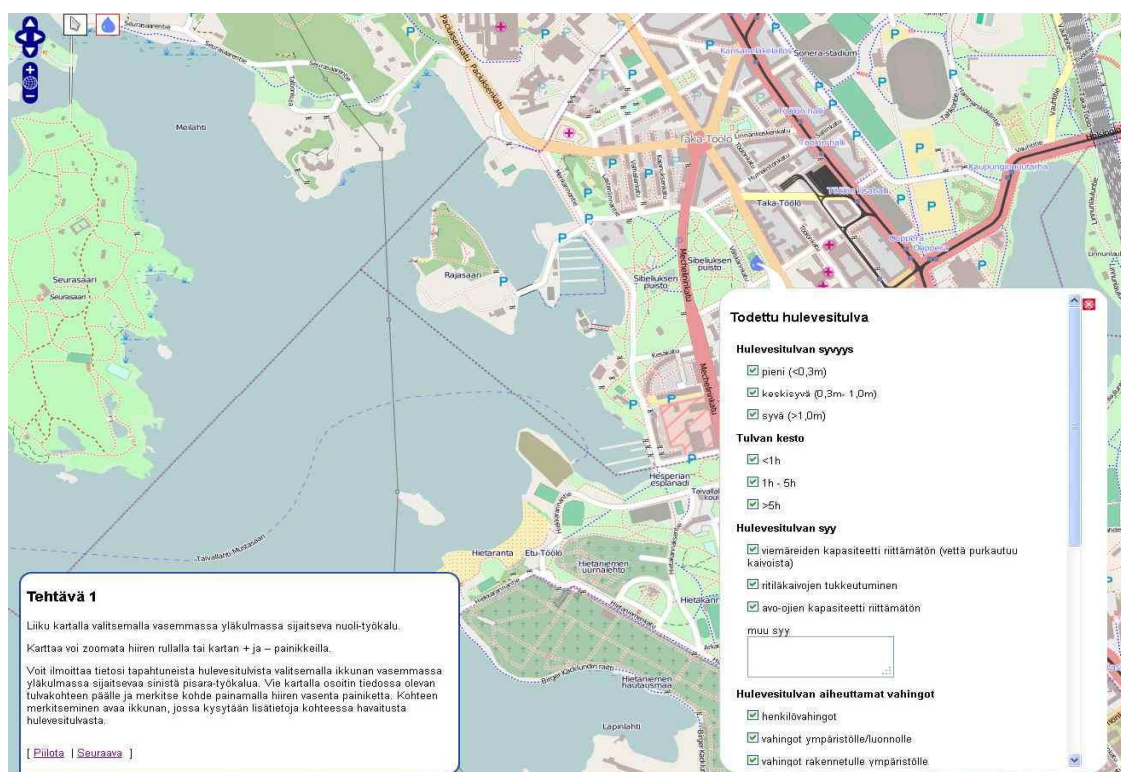
ta ja tulvista aiheutuneista vahingoista. Vastausaikaa annettiin yhteensä noin kaksi kuukautta. Kyselyyn osallistuvien tuli lisäksi ilmoittaa yhteystietonsa, jotta ilmoitetuista tulvakohteista olisi myöhemmin mahdollista saada lisätietoja.

Kysely koostui kolmesta osasta, jossa ensimmäisessä osallistujia pyydettiin osoittamaan kartalla Helsingin kaupungissa toteutuneita hulevesitulvia sekä antamaan lisätietoa kyseisistä tulvatapahtumista. Todeutuneista hulevesitulvista pyydetty lisätiedot on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Konsultin laatimassa kyselyssä pyydetty lisätiedot toteutuneista hulevesitulvista.

Kysymys	Vastausvaihtoehdot
1. Hulevesitulvan sijainti	a) Maan päällä b) Maan alla (tunneli, alikulku jne.) c) Rakennuksen sisällä (mukaan lukien kellaritilat) d) Muu sijainti (missä)
2. Hulevesitulvan syvyys	a) Pieni (alle 0,3m) b) Keskisyvä (0,3m – 1,0m) c) Syvä (yli 1,0m) d) Ei tietoa
3. Hulevesitulvan kesto	a) Alle 1h b) 1h – 5h c) Yli 5h d) Ei tietoa
4. Hulevesitulvan syy	a) Viemäreiden kapasiteetti riittämätön (vettä purkautuu kaivosta) b) Ritiäkaivojen tukkeutuminen/riittämättömyys (verkosto ei vedä) c) Avo-ojien kapasiteetti riittämätön d) Ei tietoa
5. Tulvan aiheuttamat vahingot	a) Henkilövahingot b) Vahingot ympäristölle/luonnolle c) Vahingot rakennetulle ympäristölle d) Vahingot viemäroinnille/jäteveden puhdistamiselle e) Vahingot liikenteelle f) Vahingot energiahuollolle g) Vahingot kulttuuriperinnölle h) Muut vahingot i) Ei tietoa
6. Hulevesitulvan toistuvuus	a) Toistuva (milloin) b) Ei tietoa
7. Muita havaintoja	Vapaamuotoista tekstiä säätiedoista, tulvan ajankohdasta etc.

Kyselyn toisessa osassa kartalla tuli osoittaa potentiaalisia hulevesitulvariskikohteita, joissa tulvan esiintyminen oli vastaajan mielestä mahdollista. Potentiaalisista hulevesitulvariskeistä pyydettiin antamaan myös lisätietoja, kuten syytä siihen, miksi kohde koettiin riskialueeksi. Kyselyn viimeisessä osassa osallistujat saivat nähdä muiden vastaajien ilmoittamat toteutuneet hulevesitulvat ja hulevesitulvariskialueet, joita sai halutessaan myös kommentoida. Kuvassa 23 on esitetty ote laaditusta hulevesitulvakyselystä.



Kuva 23. Ote konsultin laatimasta hulevesitulvakyselystä. (FCG, Sunela 2011)

Kyselystä saatuja tuloksia analysoitiin muun muassa paikkatieto-ohjelmien avulla, jolloin vastauksien sijainnit saatiin sijoitettua karttapohjalle. Lisäksi vastauksista saadut lisätiedot käytiin yksityiskohtaisesti läpi ja tärkeimmistä havainnoista pyydettiin vastajilta myös lisätietoja.

4.2.1.2 PRONTO ja HÄTI

Tietoja Helsingin kaupungissa toteutuneista hulevesitulvista kerättiin myös pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastosta PRONTO. Järjestelmä on luotu pelastustoimen seurantaan, kehittämistä sekä onnettomuuksien selvittämistä varten. (Pelastusopisto. 2012). Tilasto sisältää tietoja muun muassa pelastustoiminnan kohteista, onnettomuuden tai toimenpiteiden tyypistä, onnettomuuden syystä, onnettomuuden aiheuttamista vahingoista ja onnettomuuden teknisistä yksityiskohdista sekä kuvauksen onnettomuuden etenemisestä. Lisäksi tilastoon kirjataan toimenpiteissä käytetyt pelastus- ja torjuntamenetelmät sekä käytetyt henkilövoimavarat, ajoneuvot tai muu kalusto. (PRONTO- Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto). Selvitystyötä varten Helsingin kaupungin pelastuslaitos toimitti tietoja vuosina 2010 ja 2011 toteutuneista hulevesitulvista, jotka olivat aiheuttaneet pelastustoimenpiteitä. Tapauksista oli kirjattu kohteen tarkka sijainti, kuvaus onnettomuustilanteen kehittymisestä sekä tiedot pelastuslaitoksen suorittamista toimenpiteistä. Kohteiden sijainnista oli ilmoitettu koordinaatit, jotka voitiin paikkatieto-ohjelman avulla havainnollistaa kartalla.

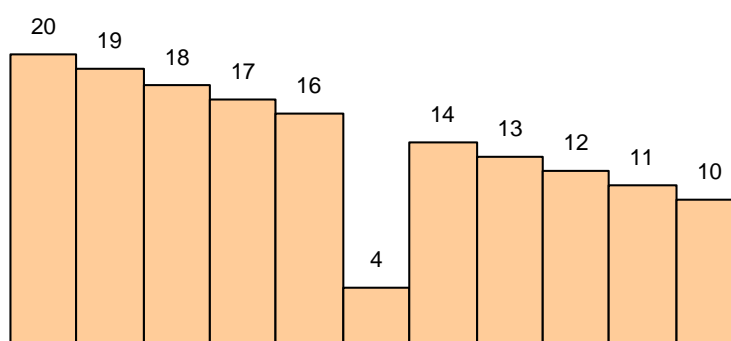
Toteutuneista hulevesitulvista saatiin tietoja myös Liikenneviraston ylläpitämästä HÄTI-järjestelmästä, jonne kerätään tietoja tieliikenteen häiriötilanteista. Järjestelmässä käsitellään ja kootaan eri lähteistä saatavia tietoja, joita voidaan käyttää häiriötiedottei-

den, kuten liikennetiedotteiden sekä hätä- ja viranomaistiedotteiden laatimiseen. (Karjalainen M. 2009). Liikenneviraston toimittamassa materiaalissa oli HÄTI-järjestelmästä valmiiksi poimittuna tapaukset, joissa hulevesitulvat olivat aiheuttaneet ongelmatilanteita tieliikenteessä. Materiaalissa tieliikenteen häiriötilanteiden sijainnit oli ilmoitettu tietosuuksina, jotka selvitettiin Liikenneviraston tienumerokartan avulla. Sijaintitietojen epätarkkuudesta johtuen häiriökohteet päädyttiin esittämään tiepätkinä.

4.2.2 Paikkatietotarkastelut

Potentiaalisia hulevesitulvakohteita etsittiin paikkatietotarkasteluiden avulla. Lähtötietoina käytettiin muun muassa Helsingin seudun ympäristöpalveluiden tuottamaa, vuosittain ilmestyvää SeutuCD-aineistokokoelmaa, joka sisältää monipuolisesti suunnittelua palvelevaa tietoa pääkaupunkiseudusta. Merkittävien hulevesitulvariskien arvioinnissa hyödynnettiin SeutuCD:n osalta muun muassa pääkaupunkiseudun korkeusmallia, maastotietokannan kartta-aineistoja sekä ortoilmakuvia. Paikkatietotarkasteluissa hyödynnettiin myös Helsingin kaupungin kaupunkimittausosaston toimittamaa Helsingin kantakarttaa, jäte- ja sekaviemäriverkoston 3D-kartta-aineistoa, kiinteistökarttaa sekä kartta-aineistoa Helsingin julkisista maanalaisista tiloista.

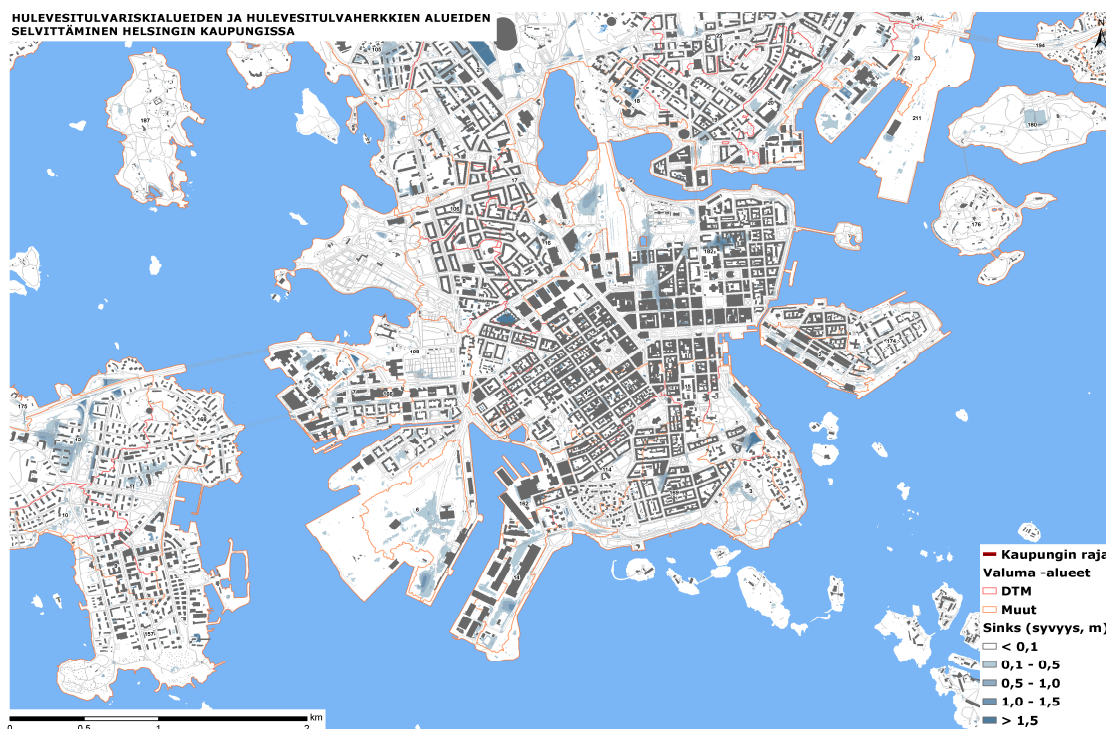
Merkittävien hulevesitulvariskialueiden arviointia varten maanmittauslaitoksen tuottamasta korkeusmallista määriteltiin ympäristöään alempana olevat maastonpainanteet, joihin hulevesien kertyminen olisi mahdollista. Käytännössä tämä tarkoitti, että korkeusmallista etsittiin kohteet, joiden kaikki naapurialueet sijaitsivat korkeusasemaltaan ylempänä. Tällöin painanteisiin valuvat hulevedet eivät pääse ainakaan maaston pinnan muotojen perusteella poistumaan mahdollistaen potentiaalisen hulevesitulvan. Kuvassa 24 on havainnollistettu yksinkertaistetusti maastonpainanteen profiilinäkymä korkeusaineistossa.



Kuva 24. Yksinkertaistettu esimerkki maastonpainanteen profiilista korkeusaineistossa. Kuvassa pilarit esittävät korkeusaineiston korkeuspisteitä. Maastonpainanteeksi määrittyy alue, joka on ympäröiviä korkeuspisteitä alempana.

Maanpinnan muodot eivät kuitenkaan huomioi maanalaisia kuivatusjärjestelmiä, joten kartta-aineistojen avulla tuli etsiä painanteiden sisällä sijaitsevat hulevesi- ja sekaviemärikaivot, jotka voisivat ehkäisevästi vaikuttaa potentiaaliseen hulevesitulvien muodostumiseen. Myös pelkän veden pinnan nousun ei voitu katsoa automaattisesti tarkoittavan

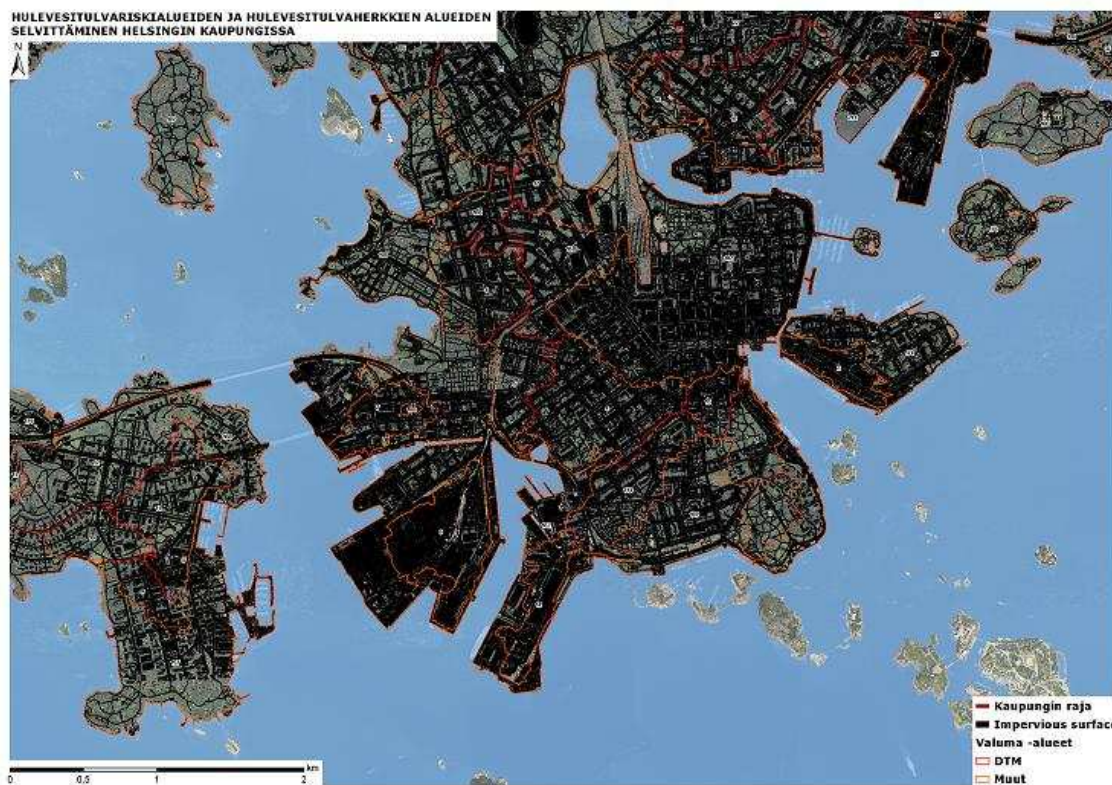
hulevesitulvavahinkojen syntymistä, joten viemäröinnin lisäksi selvitettiin painanteiden sisällä tai välittömässä läheisyydessä sijaitsevat häiriintyvät kohteet, kuten rakennukset, julkiset maanalaiset tilat ja kulkuväylät. Kyseiset tiedot poimittiin kiinteistökartasta ja julkisien maanalaisten tilojen kartta-aineistosta. Potentiaalisten hulevesitulvien merkittävyyden arviointia varten myös painanteiden koko ja etenkin keskimääräinen syvyys selvitettiin. Kuvassa 25 on esitetty ote painanneanalyysien antamista tuloksista.



Kuva 25. Ote painanneanalyysien antamista tuloksista. Kuvassa maastonpainanteet on eritelty tumman-sinisellä värillä. Esimerkkialueena on Helsingin keskusta. (FCG, Tvrđý 2011)

Jotta maastonpainanteisiin tulevaa hulevesivaluntaa olisi mahdollista arvioida, tuli selvittää myös painanteiden lähivaluma-alueet sekä maanpinnan hydrologiset ominaisuudet. Painanteiden lähivaluma-alueiden määrittystä varten korkeusmallista analysoitiin vedenjakajat sekä pintavalunnan virtaussuunnat, jolloin saatiin selville maastonpainanteiden lähivaluma-alueet sekä niiden koko. Valuma-alueiden hydrologisien ominaisuuksien arviointia varten ortoilmakuvien ja muun kartta-aineiston perusteella selvitettiin niin sanotut kovat pinnat eli asfaltti- ja kattopinnat. Näin voitiin arvioida valuma-alueiden vettä läpäisemättömien pintojen määrä. Selvitysalueen katto- ja asfalttipintojen määrän arviointi perustui paikkatieto-ohjelmien kuvan luokitteluun, jossa kuvan eri värisävyt kategorisoidaan vastaamaan tiettyä luokkaa, kuten viherpintoja, vesialueita tai vettä läpäisemättömiä katto- ja asfalttipintoja. Helsingin kaupungin ortoilmakuvissa ilmenevät vihreät alueet voitiin näin luokitella tarkoittamaan vettä hyvin läpäiseviä viheralueita ja harmaat sekä mustat alueet vastaavasti tarkoittamaan niin sanottuja kovia pintoja, joiden vedenläpäisevyys on huono. Kategorisoinnissa oli kuitenkin huomioitava ortoilmakuvissa ilmenevät varjoalueet, jotka saattoivat tummasta väristään huolimatta olla todellisuudessa esimerkiksi viherpintoja. Näin ollen kategorisointia tuli täydentää kantakartan ja maastotietokannan kartta-aineistoilla, joiden avulla luokitteluun lisättiin

muun muassa Helsingin tieverkosto ja rakennuksien kattopinnat, jotka määriteltiin automaattisesti vettä läpäisemättömiksi pinnoiksi. Kuvassa 26 on esitetty ote kovien pintojen analyysituloksista.



Kuva 26. Ote kovien pintojen analyysistä. Kuvassa kovat pinnat on eritelty mustalla värillä. Helsingin keskusta muodostuu odotetusti lähes pelkästään katto ja asfalttipinnoista. Punaisilla viivoilla on eroteltu keskusta-alueen valuma-alueet. (FCG, Tvrdý 2011)

Löydetuille maastonpainanteille sekä niitä ympäröiville valuma-alueille tehtiin taulukkolaskennan avulla analyysijä, joissa tutkittiin mahdollisien hulevesitulvien laajuutta sekä etenkin tulvien vesisyvyyttä. Painanteiden lähivaluma-alueilta kertyvän veden enimmäismäärät laskettiin Suomen ympäristökeskuksen ohjeistuksen mukaisesti kerran sadassa vuodessa toistuvan yhden tunnin ja 24 tunnin sadetapahtumalla. Hulevesitulvien syvyyttä puolestaan arvioitiin painanteiden syvyyden avulla. Painanteisiin virtaavaa hulevesimäärää arvioitiin karkealla tasolla seuraavan yhtälön mukaisesti

$$V_{hulevesi} \approx A_{Kovat\ pinnat} * (P/1000) \quad (4)$$

jossa hulevesien määrä $V [m^3]$ laskettiin kertomalla kerran sadassa vuodessa toistuva sadanta $P [mm]$ maastonpainanteen valuma-alueen kovien pintojen pinta-alalla $A_{Kovat\ pinnat} [m^2]$.

Laskelmissa käytettiin neljää eri skenaariota, joista ensimmäisessä oletettiin, että kaikki valuma-alueiden vettä läpäisemättömiltä pinnoilta tuleva hulevesivalunta ohjautuu painanteisiin, kun tarkasteltavana oli kerran sadassa vuodessa toistuva 24 tunnin sade (1/100a, 24h, 100%), jonka intensiteetti on noin 10 l/s*ha. Toisessa skenaariossa puolestaan oletettiin, että vain 75% muodostuvasta hulevedestä ohjautuu painanteisiin

(1/100a, 24h, 75%) ja kolmannessa skenaariossa painanteisiin tulevan veden osuus oli 50% (1/100a, 24h, 50%). Lisäksi laskelmat suoritettiin kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin pituisella rankkasateella (1/100a, 24h, 100%), jonka intensiteetti on noin 100 l/s*ha. Tunnin kestoisella sateella lisäksi oletettiin, että kaikki painanteiden valuma-alueiden vettä läpäisemättömiltä pinnoilta muodostuva hulevesivalunta ohjautuu painanteisiin. 24 tunnin pituisen sadetapahtuman sademääränä käytettiin 86,4 mm ja tunnin pituisen sadetapahtuman sademääränä 36 mm. Arvot perustuivat RATU-projektin loppuraportissa (Aaltonen et al. 2008) ilmoitettuihin arvioihin.

Haittaa aiheuttavan hulevesitulvan kriteeriksi määriteltiin yli puolen metrin tulvasyvyys kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin (1/100a, 24h, 100%) ja 24 tunnin (1/100a, 24h, 50%) sadetapahtuman aiheuttamalla hulevesimäärällä. Mahdollisen hulevesitulvan syvyyttä arvioitiin painanteiden maksimisyyvyyden $h_{\text{painanne.max}}$ avulla seuraavasti

$$h_{\text{hulevesitulva}} \approx (V_{\text{hulevesi}} / V_{\text{painanne}}) * h_{\text{painanne.max}} \quad (5)$$

Koska painanteiden tarkasta profiilista ei saatu taulukkolaskentaan soveltuvaa aineistoa, toteutettiin potentiaalisten hulevesitulvien syvyyksien h_{hulevesi} [m] arviointi laskemalla painanteisiin tuleva teoreettinen vesimäärä ja vertailemalla sitä painanteiden tilavuuteen V_{painanne} [m³]. Kertomalla painanteiden maksimisyyvyys $h_{\text{painanne.max}}$ saadulla tilavuuksien suhteella saatiin selville karkea arvio siitä, kuinka syvä hulevesitulva maastonpainanteisiin voisi eri skenaarioiden perusteella syntyä.

Painannelaskelmien avulla arvioitiin myös tulevaisuudessa mahdollisesti esiintyviä merkittäviä hulevesitulvia. Arvioinnit suoritettiin samaisilla laskelmilla, mutta mitoitussateena käytettiin Suomen ympäristökeskuksen ohjeiden mukaisesti nykytilanetta noin 15 % suurempia sademääriä. Tällöin 24h pituisen sadetapahtuman sademääräksi tuli 99,4 mm ja yhden tunnin pituisen rankkasadetapahtuman sademääräksi 41,4 mm.

5 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

Selvitystyön perusteella laadittiin esitys Helsingin kaupungin merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä. Seuraavassa luvussa esitetään selvitystyön keskeisimmät tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset. Lisäksi luvussa arvioidaan tuloksien luotettavuutta ja esitetään ehdotuksia vuonna 2018 tehtävälle hulevesitulvariskien arvioinnin tarkistamiselle. Kaikki hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa saadut tulokset on kootusti esitetty liitteiden 1-10 karttakuvissa.

5.1 Suomen ympäristökeskuksen hulevesitulvakysely

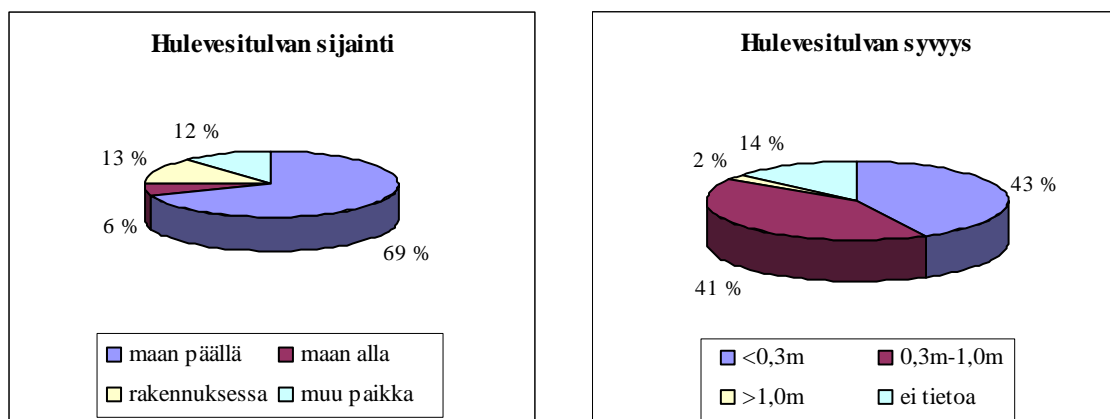
Helpottaakseen kuntien työtä hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa Suomen ympäristökeskus laati kyselyn, johon myös Helsingin kaupunki osallistui. Helsingin osalta kunnan viranomaiset vastasivat, ettei heillä ollut tiedossa alueita, joissa hulevesitulva olisi aiheuttanut yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä vahingollisia seurauksia. Arviotaessa tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvia hulevesitulvia vastattiin, ettei tiedossa ollut alueita, joissa voisi esiintyä merkittävää vahinkoa aiheuttava hulevesitulva. Hulevesitulvien tyypillisimmäksi syyksi vastattiin viemäreiden ja avo-ojien kapasiteetin riittämättömyys. Hulevesitulville varattuja tulvareittejä kaupungissa ei myöskään nähty olevan riittävästi. Vastauksien mukaan Helsingissä on kuitenkin tehty useita hulevesiin liittyviä selvityksiä, mutta hulevesitulvista ja niiden aiheuttamista vahingoista selvityksiä ei oltu laadittu.

5.2 Todetut hulevesitulvat

Todettuja hulevesitulvia selvitettiin myös konsultin oman Internet-pohjaisen hulevesitulvakyselyn avulla, johon osallistui 31 vastaajaa Helsingin kaupungin eri virastoista. Kysely lähetettiin yhteensä 56 henkilölle, joten vastausprosentti oli noin 55%. Vastauksia kerättiin noin kahden kuukauden ajan, ja hulevesitulvia ilmoitettiin yhteensä 112 kappaletta. Havaitut tulvat ajoittuivat pääosin kuluneen vuoden sisään, ja kohteista noin 80 sijaitsi selvästi eri puolilla kaupunkia.

Merkittävä osa ilmoitetuista kohteista sijaitsi kaupungin keskustassa, mutta muutoin kohteita löytyi hyvin hajanaisesti koko kaupungin alueelta. Kyselyn perusteella suurin osa havaituista hulevesitulvista oli esiintynyt maan päällä, kuten katualueilla. Kohtaan *muu paikka*, vastaajat olivat ilmoittaneet useimmiten puistoalueita. Rakennuksessa, mukaan lukien rakennetun ympäristön kellaritiloissa hulevesistä johtuvia tulvia oli noin 13 % kaikista havainnoista. Maan alla eli alikulkujen tai julkisten maanalaisten tilojen yhteydessä esiintyi noin 6 % havaituista hulevesitulvista.

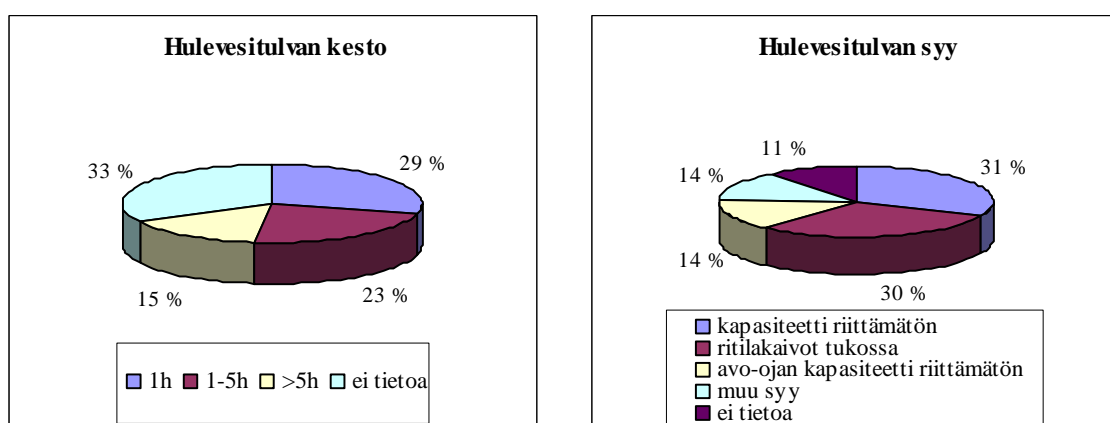
Hulevesitulvien keskimääräinen syvyys oli tuloksien perustella useimmiten pieni, alle 0,3 m tai keskisyvä eli 0,3 m-1,0 m. Syviä, yli metrin syvyisiä hulevesitulvia oli vain noin 2 % havaituista tulvista. Kuvassa 27 on esitetty kyselyn tulokset todettujen hulevesitulvien sijainneista ja syvyyksistä.



Kuva 27. Hulevesitulvakyselyn tulokset todettujen hulevesitulvien sijainneista ja syvyyksistä.

Hulevesitulvien kestoja hyvin moni vastaajista ei osannut arvioida. Kohteissa joissa tulvien kesto oli osattu arvioida, tulvimisajat olivat jakautuneet melko tasaisesti. Lyhytkestoisia, noin tunnin pituisia hulevesitulvia ilmeni vastauksien mukaan kuitenkin eniten määrän ollessa noin 30 % havainnoista.

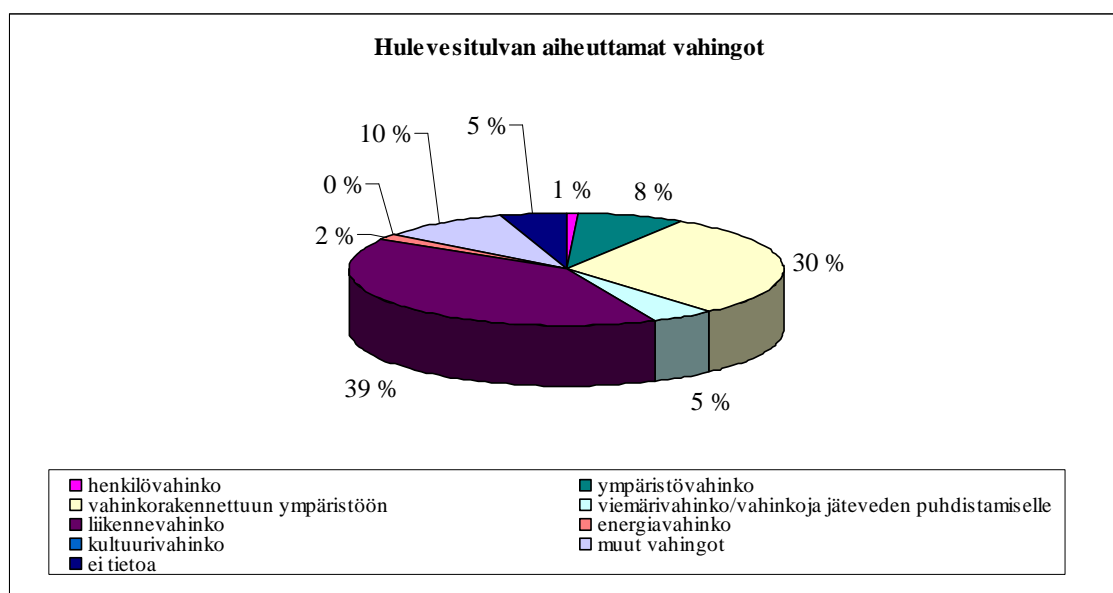
Hulevesitulvien syitä oli sen sijaan osattu arvioida paremmin. Noin kolmannes todetuista hulevesitulvista johtui vastaajien mukaan viemäreiden kapasiteetin riittämättömyydestä, eli vettä oli purkautunut kaivosta ulos. Vastaavasti noin kolmannes tulvista johtui ritiläkaivojen tukkeutumisesta, eli hulevesien pääsy kuivatusjärjestelmiin oli estynyt. Muita syitä todettuihin tulviin olivat muun muassa viemäreiden liian alhaiset purkupisteet sekä avo-ojien riittämätön kapasiteetti. Kuvassa 28 on esitetty kyselyn tulokset todettujen hulevesitulvien kestosta ja syistä.



Kuva 28. Hulevesitulvakyselyn tulokset tulvien kestosta ja syistä

Hulevesitulvat olivat FCG:n hulevesitulvakyselyn perusteella aiheuttaneet Helsingin kaupungissa useimmiten vahinkoja liikenteelle tai rakennetulle ympäristölle. Liikennevahingot tarkoittivat vastauksien mukaan tieyhteyksien katkeamista sekä usein yleistä

liikenteen vaikeutumista. Hulevesitulvakyselyyn osallistui moni taho Helsingin kaupungin liikennevirastosta, mikä heijastuu osittain myös kyselyn tuloksissa, sillä merkittävä osa havaituista hulevesitulvista oli aiheuttanut liikennevahinkoja muun muassa raitiovaunuliikenteelle. Rakennettuun ympäristöön kohdistuneet vahingot koskivat puolestaan pääasiassa rakennuksien kellaritiloja. Vakavia henkilövahinkoja yksikään hulevesitulva ei ollut aiheuttanut, mutta kyselyssä oli ilmoitettu yksi henkilövahinkoja aiheuttanut hulevesitulva, jonka johdosta jalankulkijoiden päälle oli roiskunut vettä. Kohtaan ”muut vahingot” oli vastattu muun muassa ulkoilualueiden ja reittien käytön estyminen. Kuvassa 29 on esitetty kyselyn tulokset todettujen hulevesitulvien aiheuttamista vahingoista.



Kuva 29. Hulevesitulvakyselyn tulokset hulevesitulvien aiheuttamista vahingoista.

Lähes 80 % kaikista todetuista hulevesitulvista koettiin olevan toistuvia, eli samaisissa kohteissa oli esiintynyt useammin kuin kerran hulevesistä johtuvaa tulvimista. Monissa vastauksissa oli mainittu havaittujen ongelmakohtien tulvivan aina kovien rankkasateiden aikana.

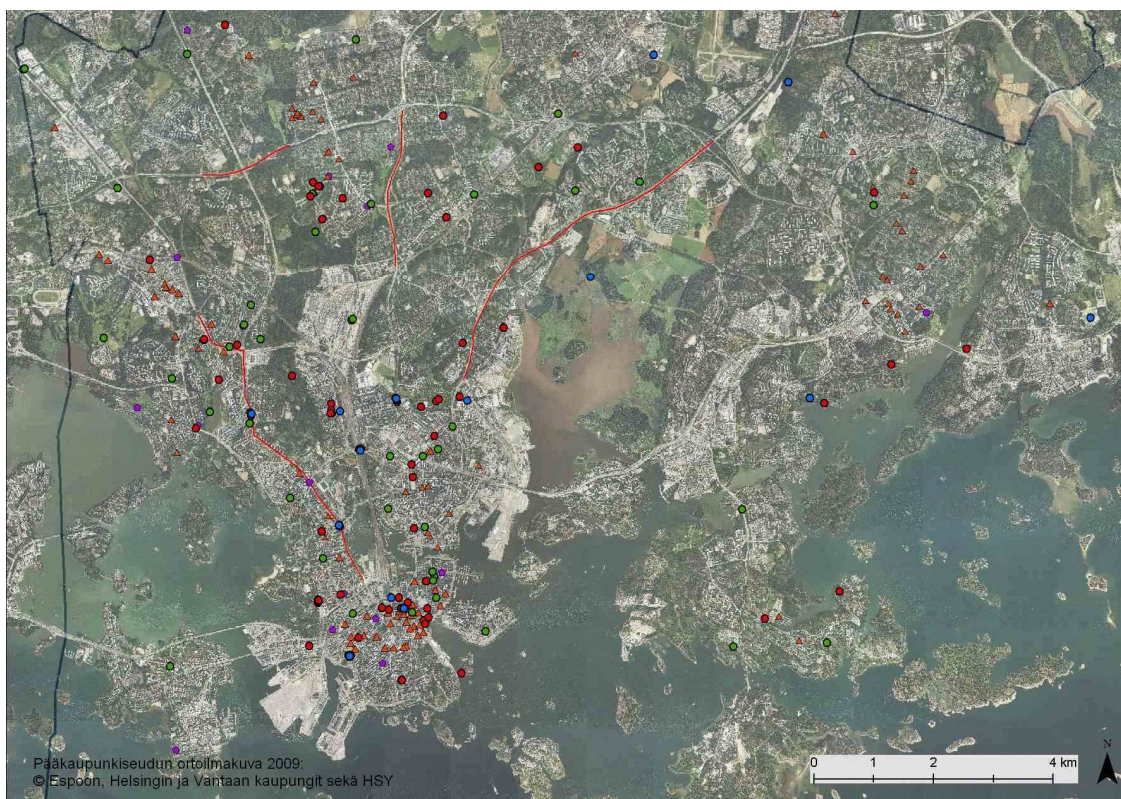
Ensimmäinen esitys Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustavasta arvioinnista oli yleisön nähtävillä noin kahden viikon ajan. Nähtävilläolon aikana esitettyyn aineistoon sisältyi selostus laadituista selvityksistä sekä karttaesitykset havaituista hulevesitulvista ja potentiaalisista hulevesitulvariskialueista. Nähtävilläolon aikana kerättiin myös yleisön palautetta muun muassa puhelimitse, sähköpostitse sekä Helsingin kaupungin KerroKartalla-vuorovaikutuspalvelun avulla. Yleisöpalautteen perusteella Helsingin kaupungista löydettiin yli 50 selvästi uutta hulevesitulvakohdetta, jotka huomioitiin lopullisessa hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa.

PRONTO-järjestelmästä poimittujen tietojen perusteella löytyi puolestaan noin 110 kohdetta, joissa hulevesitulvat olivat vaatineet pelastuslaitoksen toimenpiteitä. Tiedot koskivat vuosia 2011 ja 2010. Merkittävässä osassa tapauksia asuntojen tai liiketilojen kellaritiloihin oli tulvinut hulevesiä, ja pelastuslaitos oli kutsuttu pumppaamaan vettä pois. Yhdessä tapauksessa hulevesitulva oli myös aiheuttanut evakuoimistarpeita sai-

raalassa. Vaikka osa PRONTO-järjestelmästä kerätyistä tulvakohteista oli jo ilmoitettu laaditussa hulevesitulvakyselyssä tai Kerrokaartalla-vuorovaikutuspalvelussa, oli merkittävä osa pelastuslaitoksen toimia vaatineista kohteista uusia. PRONTO-järjestelmästä poimittujen tietojen erilaisuus johtui todennäköisesti siitä, että hulevesitulvakyselyssä ja Helsingin kaupungin Kerrokaartalla-vuorovaikutuspalvelussa oli ilmoitettu sekä julkisilla että yksityisillä alueilla havaituista tulvista, kun taas PRONTO-järjestelmästä poimitut tulvakohteet painottuivat selkeästi yksittäisiin kiinteistöihin.

Liikenneviraston ylläpitämästä HÄTI-järjestelmästä saatiin puolestaan tietoja 20 hulevesitulvien aiheuttamasta häiriötilanteesta. Moni ilmoitetuista häiriötilanteista sijaitsi kuitenkin samoilla tieosuuksilla, joten erillisiä tulva-alueita oli vain neljällä katuosuudella. Katuosuudet olivat kuitenkin huomattavan pitkiä, mikä todennäköisesti tarkoittaa tulvien aiheuttaneen laaja-alaisia liikenneuhkia.

Yhteensä erilaisia hulevesitulvakohteita paikallistettiin eri aineistojen perusteella noin 240 kappaletta, joista noin 170 oli sijainniltaan selvästi erillisiä. Kohteet koottiin kartta-aineistoon, tavoitteena löytää alueita, joissa oli useita havaintoja hulevesitulvista tai tulvista herkästi häiriintyviä kohteita. Kuvassa 30 on havainnollistettu kokemusperäisestä aineistosta saadut kohteet, joissa hulevesitulvia oli havaittu. Kuvasta nähdään, että selvästi suurin keskittymä ilmeni Helsingin keskusta-alueella, mikä saattaa kuitenkin johtua siitä, että alueella liikkuu eniten ihmisiä. Muita havaintokeskittymiä huomattiin muun muassa Länsi-Pakilassa, Vallilan siirtolapuutarhassa ja Puotilassa.

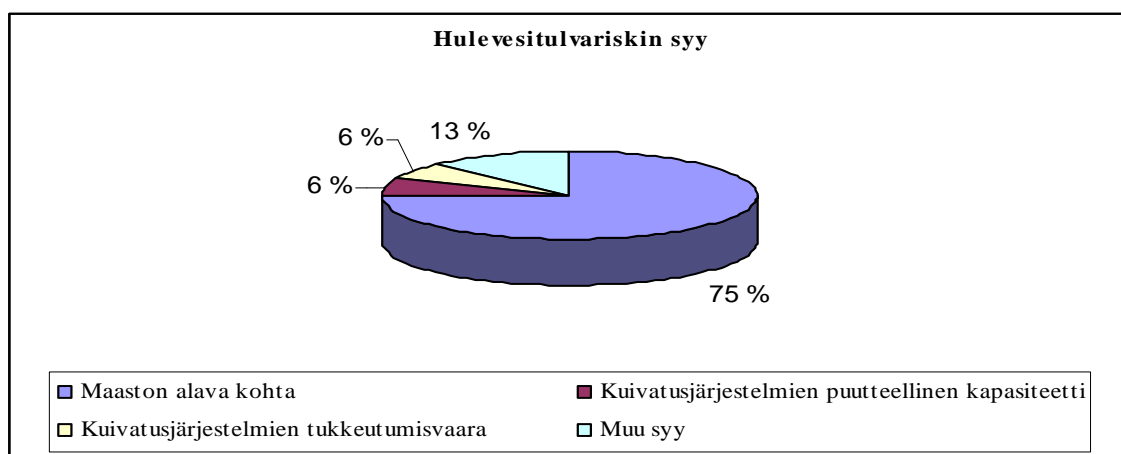


Kuva 30. Kaikki Helsingin kaupungissa havaitut hulevesitulvakohteet. Tumman sinisellä viivalla on rajattu Helsingin kaupungin rajat. Punaiset viivat puolestaan osoittavat HÄTI-järjestelmästä poimittuja tieosuuksia, joissa hulevesitulvat ovat aiheuttaneet ongelmia. Värilliset pisteet osoittavat eri lähteistä saatuja tietoja havaituista hulevesitulvista.

5.3 Potentiaaliset hulevesitulvat

Laaditulla hulevesitulvakyselyllä selvitetiin myös Helsingin kaupungissa sijaitsevia hulevesitulvariskialueita, joissa tulvia ei ole esiintynyt mutta joissa tulvan esiintyminen oli vastaajan mielestä mahdollista. Potentiaalisia tulvariskikohteita ilmoitettiin 16 kappaletta, jotka kaikki sijaitsivat eri kohteissa. Vastauksista jätettiin huomioimatta kohteet, joista vastaajat eivät olleet antaneet lisätietoja hulevesitulvariskin syystä.

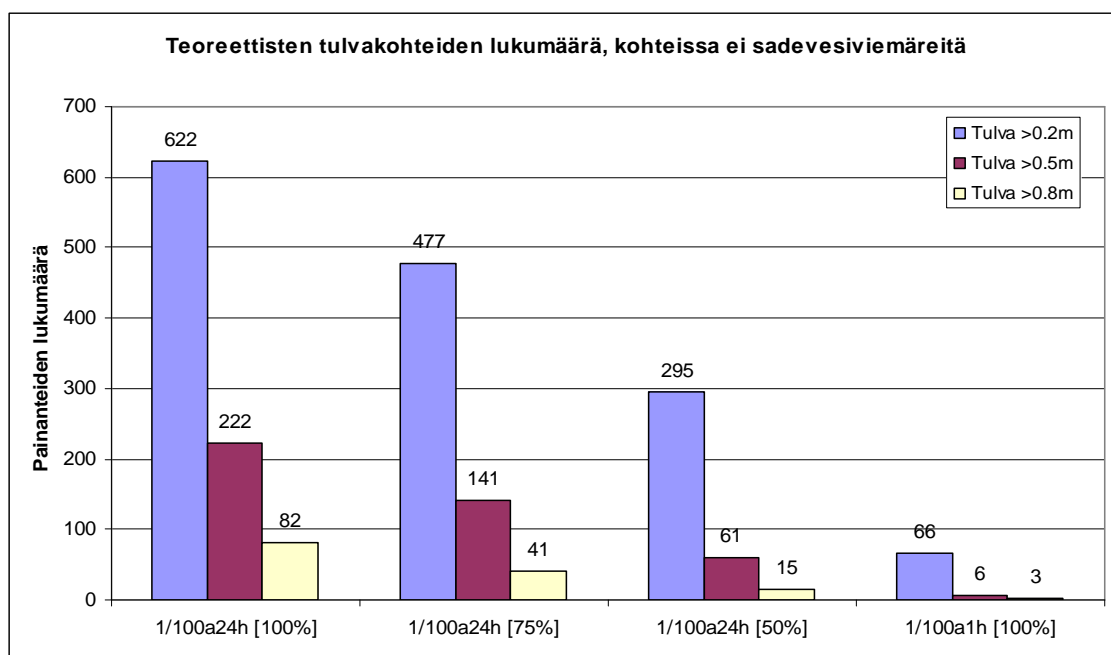
Hulevesitulvariskialueet sijaitsivat vastaajien mukaan lähes yksinomaan ympäröivää maastoa alempana olevilla paikoilla, jonne hulevesiä voi mahdollisesti kertyä. Monet ilmoitetuista kohteista sijaitsivat katualueilla, jolloin ongelmia voisi mahdollisesti syntyä muun muassa liikenteelle. Muita syistä olivat muun muassa huonosti toimivat kuivatusjärjestelmät sekä kiintoaineksen kertyminen kovien rankkasateiden aikana avoisiin. Kuvassa 31 on esitetty laaditun hulevesitulvakyselyn tulokset potentiaalisista hulevesitulvariskeistä.



Kuva 31. Hulevesitulvakyselyn tulokset Helsingin kaupungin hulevesitulvariskeistä.

5.3.1 Paikkatietotarkastelut

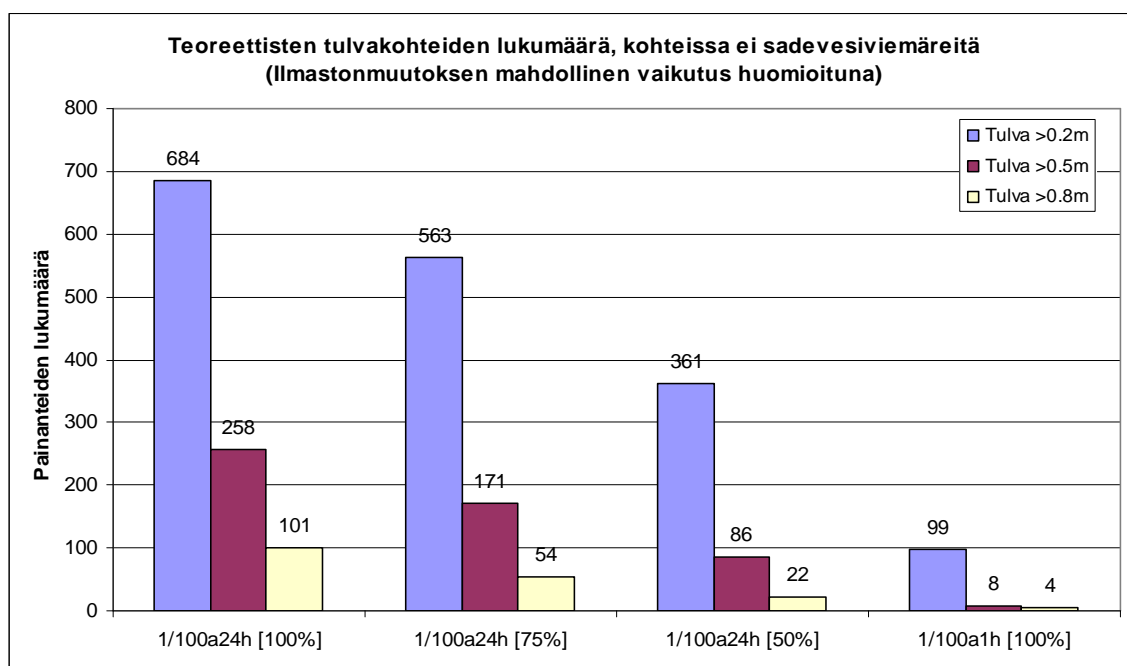
Paikkatietotarkasteluiden perusteella Helsingistä löydettiin yli 1700 ympäristöään alempana olevaa maastonpainannetta, joiden syvyys oli suurempi kuin 0,3 m. Jotta aineistoa olisi ollut tarkoituksenmukaista käydä tarkemmin läpi, tuli tarkemmin tarkasteltavien painanteiden lukumäärää karsia huomattavasti. Karsiminen aloitettiin etsimällä painanteet, joiden sisällä ei ollut kartta-aineiston perusteella hulevesiviemärointiä. Jotta potentiaalinen hulevesitulva voisi aiheuttaa yleiseltä kannalta katsoen merkittävää vahinkoa, tuli haittaa aiheuttavan hulevesitulvan olla myös riittävän syvä. Näin ollen jätettiin huomioimatta painanteet, joissa potentiaalisen hulevesitulvan syvyys oli alle 0,2 m. Taulukkolaskelmissa arvioidut hulevesimäärät laskettiin painanteiden valuma-alueiden pinta-alojen ja hydrologisten ominaisuuksien perusteella kappaleen 4.2.2 yhtälöiden 4 ja 5 avulla. Kuvassa 32 on esitetty taulukkolaskelmien tulokset painanteille, joissa ei kartta-aineiston perusteella ilmennyt hulevesiviemäriä. Tuloksissa ilmenee analyysien tulokset kaikille tarkasteltaville skenaarioille.



Kuva 32. Taulukkolaskelmien tulokset painanteille, joissa ei kartta-aineiston perusteella ilmennyt hulevesiviemäriä. Tuloksista ilmenee riskialueiden lukumäärä eri tarkasteluskenaarioilla.

Taulukkolaskentojen perusteella kiinnostavien painanteiden lukumäärä karsiutui lopulta noin 60 painanteeseen, joihin vettä voisi kertyä niin paljon, että haittaa aiheuttava hulevesitulva voisi esiintyä. Tarkasteltaviin kohteisiin lukeutui pääosin painanteet, jotka eivät olleet hulevesiviemäröinnin yhteydessä ja joihin voisi 24 tunnin kestoisella sadetapahtumalla kertyä yli 0,5 m syvä tulva, kun oletuksena oli, että vain puolet painanteen lähivaluma-alueella muodostuvasta hulevesivalunnasta virtaa painanteeseen.

Paikkatietotarkasteluiden avulla arvioitiin myös tulevaisuudessa mahdollisesti esiintyviä merkittäviä hulevesitulvia. Laskelmat suoritettiin Suomen ympäristökeskuksen ohjeiden mukaisesti nykytilannetta 15 % suuremmilla sademäärillä, jolloin potentiaalisesti haitallisesti tulvivien painanteiden lukumäärä kasvoi noin 20:llä. Kuvassa 33 on esitetty painanneanalyysien tulokset 15 % nykyistä suuremmilla sademäärillä.



Kuva 33. Taulukkolaskelmien tulokset kun laskelmissa huomioitiin ilmastonmuutoksen mahdollinen vaikutus.

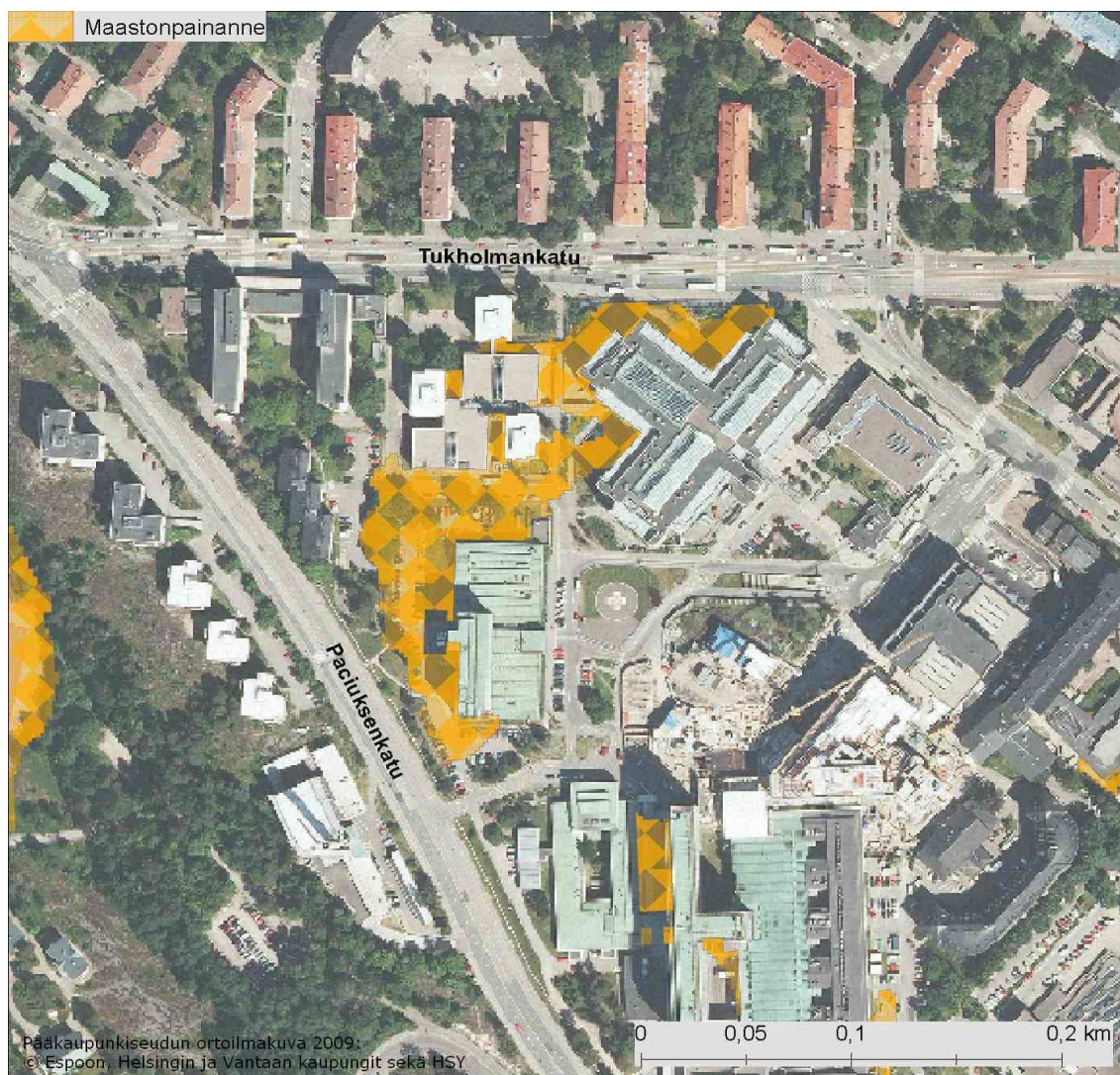
Yhteensä noin 80 potentiaalisesti merkittävän hulevesitulvan mahdollistavaa maastonpainannetta käytiin eri kartta-aineistojen kanssa käsin läpi. Tarkoituksena oli selvittää, sijaitseeko painanteita potentiaalisten riskikohteiden ja yhteiskunnallisesti tärkeiden kohteiden, kuten esimerkiksi sairaalan tai pelastuslaitoksen, yhteydessä. Lisäksi selvitettiin kohteiden kuivatusmahdollisuudet ja hulevesitulvan esiintymisen todennäköisyyttä. Eri kartta-aineistojen kanssa käytiin läpi myös maastonpainanteet, joiden yhteydessä oli esiintynyt hulevesitulvia tai joiden välittömässä läheisyydessä sijaitisi alikulkuja tai muita julkisia maanalaisia tiloja. Kappaleessa 5.4 käydään yksityiskohtaisemmin läpi joitakin tärkeimpiä tarkastelussa olleita kohteita.

Paikkatietotarkasteluiden tuloksia esiteltiin myös yleisön nähtävillä olleissa karttaesityksissä. Helsingin kaupungissa todettujen maastonpainanteiden koko ja syvyys vaihtelivat kuitenkin huomattavasti, minkä lisäksi painanteiden rajat eivät aukottomasti tarkoittaneet potentiaalisen hulevesitulva-alueen rajoja. Jotta aineiston julkaisun yhteydessä välttyttäisiin väärinymmärryksiltä, päädyttiin paikkatietoanalyysillä todetut, mahdollisen hulevesitulvariskin omaavat maastonpainanteet esittämään ympyröinä yleisön nähtäville tulleissa karttaesityksissä. Ympyrät osoittivat taulukkolaskelmien perusteella tärkeimmiksi todettujen, mahdollisesti haitallisen tulvariskin omaavien maastonpainanteiden massakeskipisteitä.

5.4 Tärkeimpiä kohteita

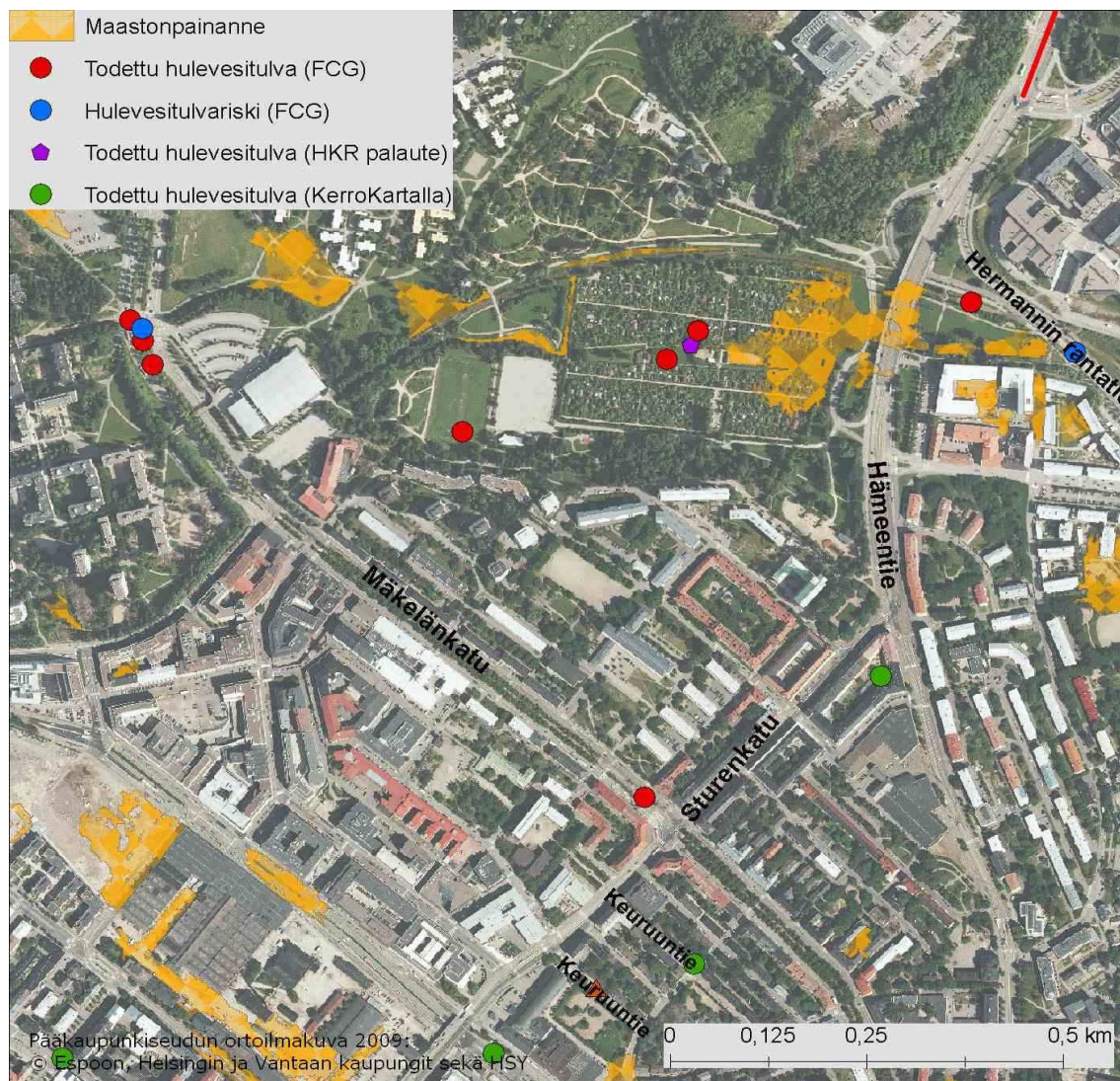
Meilahden sairaalan edustalla todettiin paikkatietoanalyysien perusteella laajahko painanne, jonka keskisyvyys on noin 0,9 m ja lähivaluma-alueen laajuus on noin 2,9 ha. Kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin sateella, jonka intensiteetti on noin 100 l/s*ha, painanteeseen voisi karkeiden laskelmien perusteella muodostua noin 0,1m

syvä tulva mikäli veden pääsy sekaviemäriin estyy. Kohteen lähettävillä ei ole todettuja hulevesitulvia ja kartta-aineistojen perusteella Paciuksenkadulla ja Tukholmankadulla sijaitsee hule- ja sekaviemäriverkostoa. Aukottomasti kohteen kuivatusjärjestelmiä ei voitu kuitenkaan analysoida, sillä sairaalan kiinteistökohtaisista kuivatusjärjestelmistä ei ollut tietoa. Kriittisestä sijainnistaan huolimatta painanne ei kuitenkaan ympäröi koko sairaalaa vaan jättää ajoreittejä vapaaksi niin pohjoisesta kuin etelästä. Meilahden sairaala ei myöskään ole Helsingin ainoa sairaala, joten mahdollinen evakuoimistarve ei lamauttaisi koko kaupungin terveydenhuoltopalveluita. Tuloksissa tulee huomioida laadittujen analyysien tarkkuus ja painanteen todellinen muoto. Arvioitu 0,1m syvä hulevesitulva on laskettu painanteen maksimisyvyydestä, joten mahdollisen tulvan syvyys rakennuksen välittömässä yhteydessä saattaa poiketa arvioidusta arvosta. Saatavilla olevien lähtötietojen ja laadittujen analyysien perusteella hulevesitulvan syntyminen kyseiseen painanteeseen on kuitenkin mahdollista, mutta merkittäväksi hulevesitulvariski-kohteeksi sitä ei voida lain (620/2010) mukaisien kriteerien perusteella nimetä. Kuvassa 34 on havainnollistettu Meilahden sairaalan lähettävillä sijaitseva maastonpainanne.



Kuva 34. Meilahden sairaalan lähistöllä sijaitseva maastonpainanne, jonka rajaa pohjoisessa Tukholmankatu ja lounaassa Paciuksenkatu.

Helsingin Mäkelänrinteen yhteydessä sijaitsevan Vallilan siirtolapuutarhan itäpuolella sijaitsee maastonpainanne, jonka keskisyvyys on noin 0,4 m ja painanteen valuma-alueen laajuus on noin 4,5 ha. Kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin sateella (100 l/s*ha) painanteeseen voisi laadittujen laskelmien perusteella muodostua noin 0,1 m syvä tulva. Kohteen läheisyydessä oleva painanne ei ole kuitenkaan ainoa syy kohteen erityistarkasteluun, sillä alueella on ilmennyt myös useita tulvia rankkasateiden aikana. Kuvassa 35 on havainnollistettu Vallilan siirtolapuutarhan lähetyvillä sijaitsevat maastonpainanteet ja kohteen lähetyvillä todettuja hulevesitulvia.

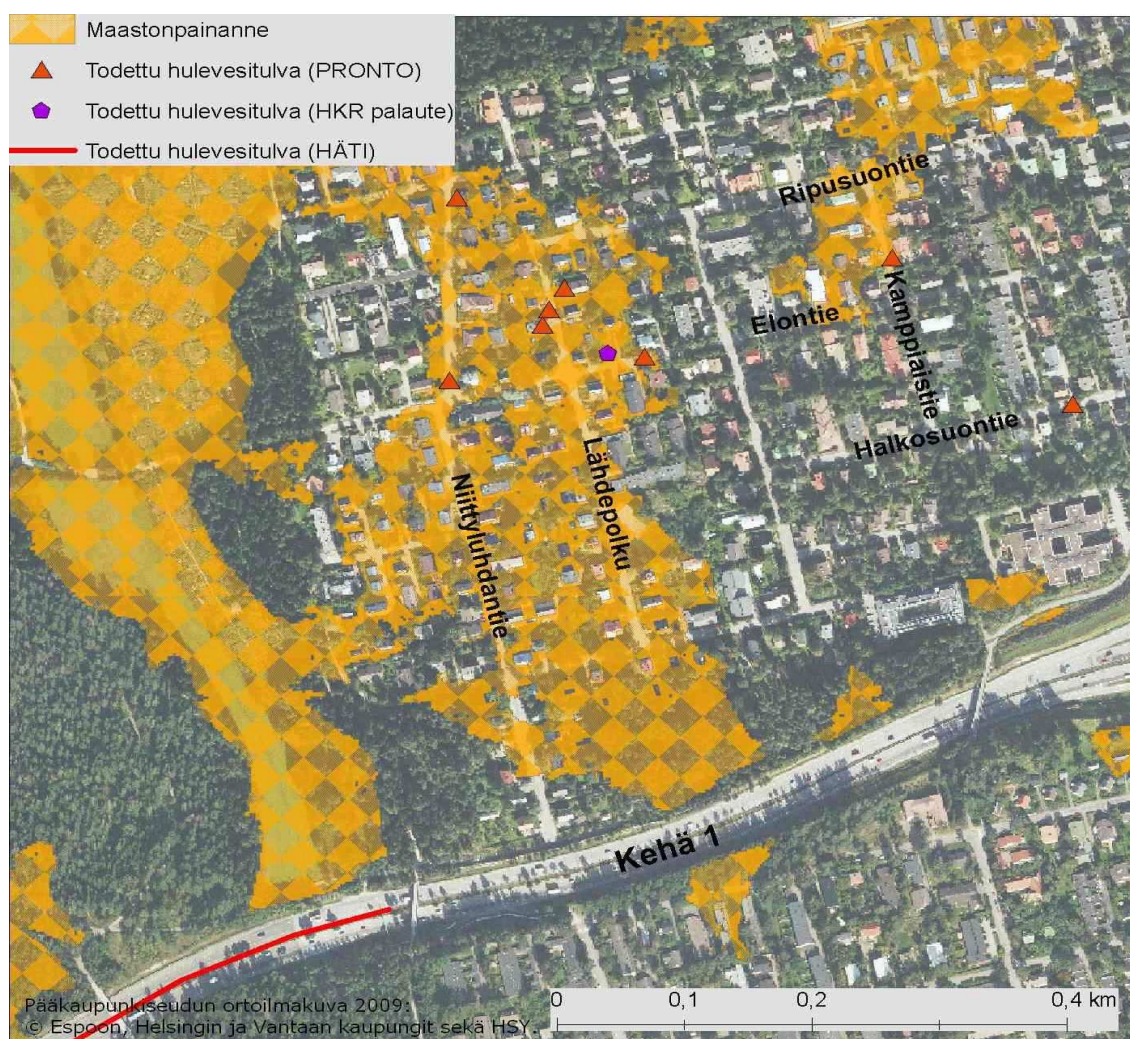


Kuva 35. Vallilan siirtolapuutarhan läheisyydessä todetut hulevesitulvat ja alueella sijaitsevat maastonpainanteet.

Ilmoituksien perusteella tulvien syynä on useimmiten ollut siirtolapuutarhan läpi kulkevan Kumpulanpuron tulviminen alavaan lähiympäristöön. Hulevesitulvariskikyselyn perusteella tulvat ovat alueella aiheuttaneet vahinkoja muun muassa liikenteelle, lähitöillä oleville rakennuksille sekä ympäristölle. Myös Helsingin kaupungin KerroKartalle-palvelusta kerätyn palautteen perusteella alue todettiin toistuvaksi ongelmakohtaksi, jolle tulisi laatia tulvariskejä vähentäviä toimenpiteitä. Merkittäväksi hulevesitulvariski-

alueeksi kohdetta ei voida kuitenkaan nimetä, sillä alueella todettujen tulvien ei katsottu aiheuttaneen lain (620/2010) mukaisia, yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä vahinkoja. Myös tulevaisuudessa esiintyvän potentiaalisen hulevesitulvan ei katsottu huomattavalla todennäköisyydellä voivan aiheuttaa merkittäviä vahinkoja. Siirtolapuutarhan läheisyydessä hulevesitulvia on ilmennyt myös useissa muissakin kohteissa, joissa tulvat ovat aiheuttaneet ongelmia muun muassa liikenteelle.

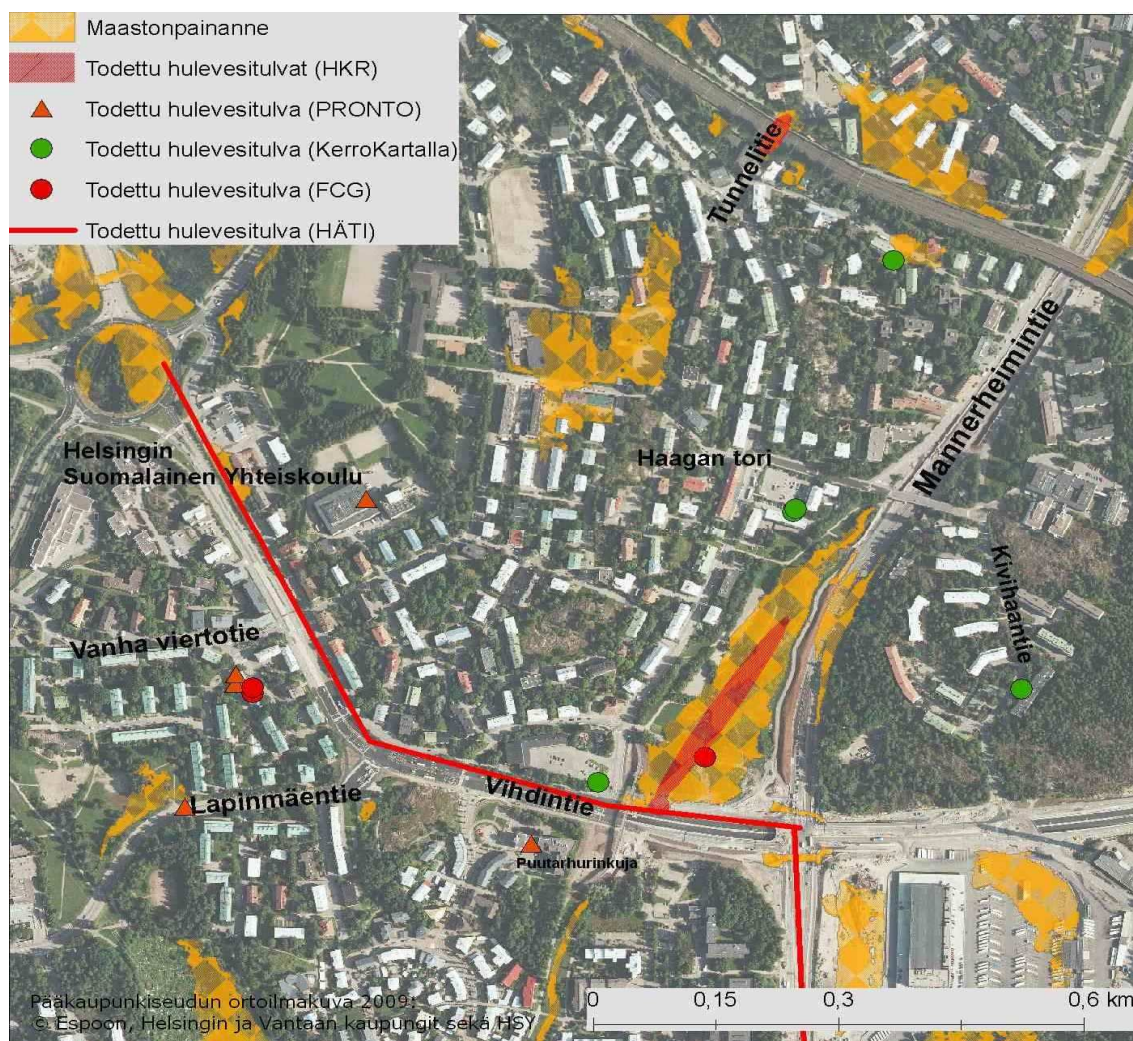
Länsi-Pakilassa, Kehä 1:sen pohjoispuolelta löytyi laaja maastonpainanne, jossa sijaitsee myös asuinalueita. Painanteen keskimääräinen syvyys on noin 0,7m ja sen lähialueen pinta-ala on noin 35,5 ha. Painanteen laajuuden vuoksi potentiaalisen hulevesitulvan syvyyttä oli haastava arvioida, mutta karkeiden laskelmien perusteella kerran sadassa vuodessa toistuvalla tunnin sateella (100 l/s*ha) painanteeseen voisi laskeutua alle 0,1 m syvä tulva. Pelastustoimen PRONTO-järjestelmästä saatujen tietojen perusteella alueella on kuitenkin ilmennyt useita hulevesitulvia, jotka ovat vaatineet vahingontorjuntatoimia. Lisäksi Helsingin kaupungin rakennusviraston saaman palautteen perusteella kohteen yhteydessä on todettu tukkiutuneesta avo-ojasta aiheutunut hulevesitulva. Kuvassa 36 on havainnollistettu Länsi-Pakilassa sijaitseva maastonpainanne ja kohteen lähetyvillä todetut hulevesitulvat.



Kuva 36. Länsi-Pakilassa olevat maastonpainanteet ja todetut hulevesitulvat.

Hulevesitulvista oli Länsi-Pakilan alueella yleisesti seurannut muun muassa veden virtaamista kellaritiloihin sekä yksittäisien tonttien pihoilta, mikä olisi mahdollisesti voinut aiheuttaa taloudellisia vahinkoja asukkaiden omaisuudelle. Merkittäväksi hulevesitulvariskikohteeksi alue ei kuitenkaan lukeutunut, sillä tulvat eivät olleet ilmoituksien perusteella aiheuttaneet lain (620/2010) mukaisia merkittäviä vahingollisia seurauksia.

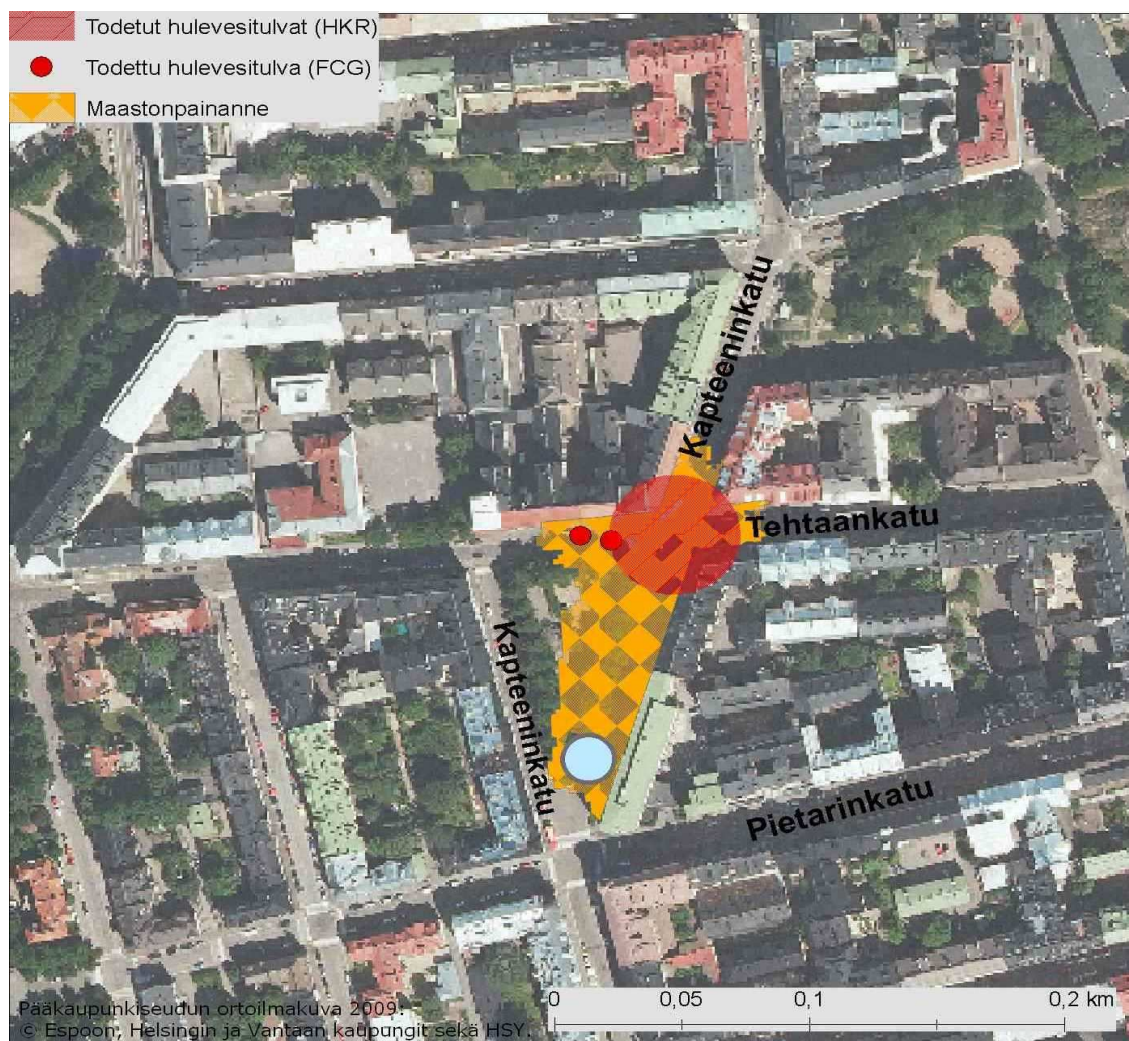
Kivihaan lähettyvillä Vihdintien pohjoispuolella sijaitsevassa Kauppalanpuistossa sijaitsee laaja maastonpainanne, jonka keskimääräinen syvyys on noin 0,7 m ja sen lähivaluma-alueen pinta-ala on noin 6,2 ha. Kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin sateella (100 l/s*ha) altaaseen voisi laskelmien perusteella muodostua alle 0,1 m syvä tulva. Helsingin kaupungin rakennusvirastolta saatujen tietojen perusteella kohteessa on kuitenkin esiintynyt myös hulevesitulvia. Myös hulevesitulvakyselyssä ilmoitettiin puistoalueella esiintyvistä, vuosittain toistuvista tulvista. Lisäksi kohteen lähettyvillä olevan Mannerheimintien ja Hakamäentien risteyksen edustalle syntyi suurehko vesilammikko 22.8.2011 sattuneiden rankkasateiden aikana. Kuvassa 37 on havainnollistettu Kauppalanpuistossa sijaitseva maastonpainanne ja kohteen lähettyvillä todetut hulevesitulvat.



Kuva 37. Kauppalanpuiston yhteydessä sijaitseva laaja maastonpainanne ja alueen läheisyydessä havaitut hulevesitulvat.

Alueen läpi kulkeva Haaganpuro saattaa ylivirtaaman aikoina pahentaa alueen tulvaongelmia, mutta tulviminen on painanteen yhteydessä kuitenkin sallittua ja jopa toivottua, sillä alue toimii tärkeänä tulvareittinä, eikä puistossa sijaitseva hulevesitulva uhkaa rakennettua ympäristöä. Vihdintien läheisyydessä sijaitsee myös lukuisia hulevesitulva-herkkiä alueita, joissa kiinteistöjen kellaritiloja on kastunut ja paikallinen liikennöinti on hetkellisesti hankaloitunut. Yksikään alueella todetuista hulevesitulvista ei kuitenkaan täyttänyt lain (620/2010) mukaisia merkittävän hulevesitulvavahingon kriteerejä.

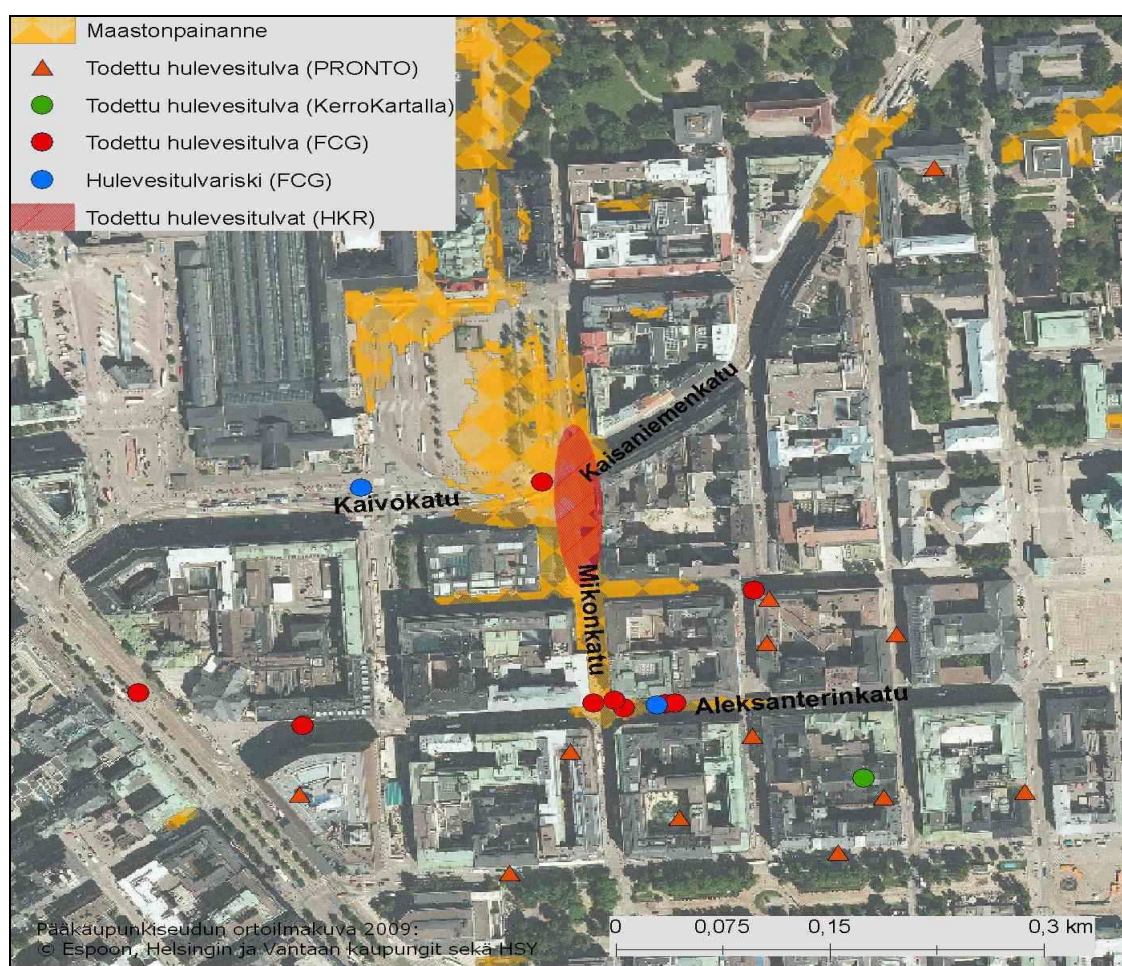
Helsingin Ullanlinnassa, Tehtaankadun ja Kapteeninkadun risteyksessä sijaitsee painanne, jonka keskimääräinen syvyys on noin 0,5m ja painanteen lähivaluma-alueen pinta-ala on noin 2,7 ha. Painanteen pohjoispuolella todettiin 22.8.2011 rankkasateiden aikaan hulevesitulva, joka aiheutti ongelmia muun muassa liikenteelle. Painanteen eteläosassa sijaitsee lisäksi muuntamo, joten kohde on selvä hulevesitulva-herkkä alue, jossa sijaitsee myös mahdollisesti häiriintyviä kohteita. Kuvassa 38 on havainnollistettu kyseisessä kohteessa sijaitseva maastonpainanne sekä kohteen lähetyvillä todetut hulevesitulvat.



Kuva 38. Tehtaankadun ja Kapteeninkadun risteyksessä oleva maastonpainanne ja kohteen yhteydessä havaitut hulevesitulvat. Sinisellä ympyrällä on osoitettu muuntamon likimääräinen sijainti.

Tehtaankadun ja Kapteeninkadun risteys sijaitsee sekaviemäroidyllä alueella ja painanteen sisällä sijaitsee ritiläkaivot, joten kohteen tulviminen on todennäköisesti johtunut sekaviemäriverkon kapasiteetin riittämättömyydestä tai kaivojen tukkeutumisesta. Painanteen koko ja syvyys sekä havaittujen tulvien aiheuttamat vahingot huomioiden kohteessa ei katsottu olevan lain (620/2010) mukaista merkittävän hulevesitulvan riskiä.

Mikonkadun ja Kaisaniemenkadun risteys on Helsingin kaupungin rakennusvirastolta saatujen tietojen mukaan yleisesti tunnettu hulevesitulva-alue, jossa todettiin myös paikkatietoanalyysien perusteella maastonpainanne. Painanteen keskimääräinen syvyys on noin 0,3 m ja suurin syvyys noin 0,8 m. Painanteen lähivaluma-alueen pinta-ala on yli 7 ha ja kerran sadassa vuodessa toistuvalla yhden tunnin sateella (100 l/s*ha) painanteeseen voisi laskelmien perusteella muodostua keskimäärin 0,15 m syvä hulevesitulva, mikäli veden pääsy sekaviemäriin estyy. Kuvassa 39 on esitetty alueella todetut hulevesitulvat sekä maastonpainanteet.

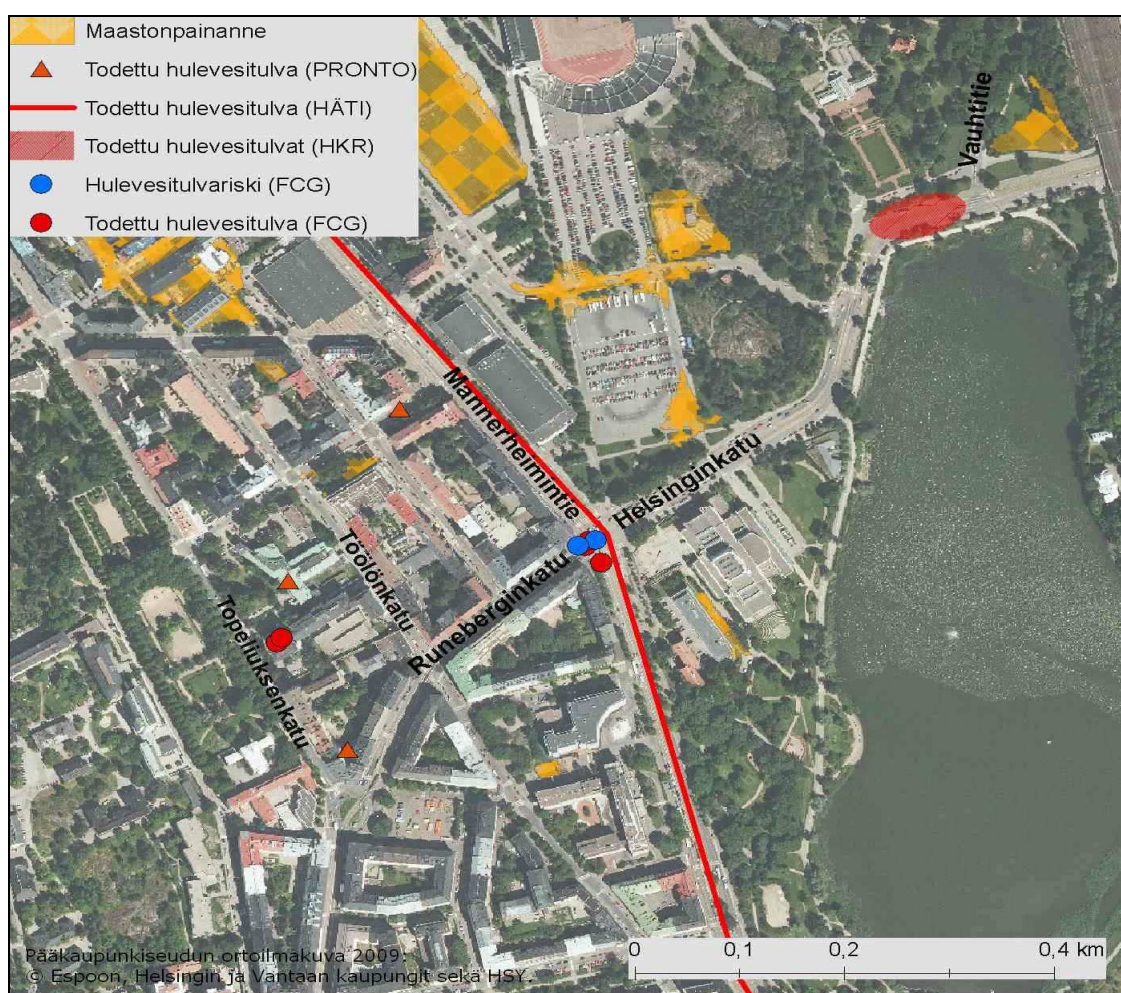


Kuva 39. Kaisaniemessä todetut hulevesitulvat ja maastonpainanteet.

Vaikka kohteessa on useita ritiläkaivoja, painanteen suurehkon lähivaluma-alueen johdosta hulevesiä saattaa kovien rankkasateiden aikana johtua niin paljon, etteivät kaivot vedä. Kohde sijaitsee lisäksi vilkkaasti liikennöidyllä alueella, joten mahdolliset hulevesitulvat aiheuttavat helposti laajoja ongelmia muun muassa liikenteelle. Kohteen yhteydessä on ilmennyt ongelmia myös Mikonkadun ja Aleksanterinkadun risteyskysen lä-

heisyydessä, jossa hulevesitulvakyselyssä useampi vastaaja ilmoitti toistuvista tulvaongelmista. Merkittäväksi hulevesitulvariskialueeksi edellä mainittuja kohteita ei kuitenkaan nimetty, sillä tulvista aiheutuneiden vahinkojen ei katsottu ylittävän lain (620/2010) mukaisia merkittävyyden kriteerejä. Lisäksi HSY Vedeltä saatujen tietojen mukaan Aleksanterinkadun ja Mikonkadun risteysalueella on lisätty sekaviemäroinnin kapasiteettia vuonna 2007. Risteysalueella ilmenneiden hulevesitulvien esiintymisvuosia ei laaditussa hulevesitulvakyselyssä oltu ilmoitettu, joten kohde ei ole välttämättä nykyisin enää hulevesitulvaherkkä alue.

Kokemusperäisen aineiston perusteella Taka-Töölön alueella oli havaittu useita hulevesitulvia, joista oli aiheutunut ongelmia muun muassa liikenteelle. Merkittäviä maastonpainanteita tulvakohteiden yhteydessä ei paikkatietoanalyysien perusteella kuitenkaan todettu. Kuvassa 40 on esitetty Taka-Töölössä havaitut hulevesitulvat sekä alueen läheisyydessä todetut maastonpainanteet.

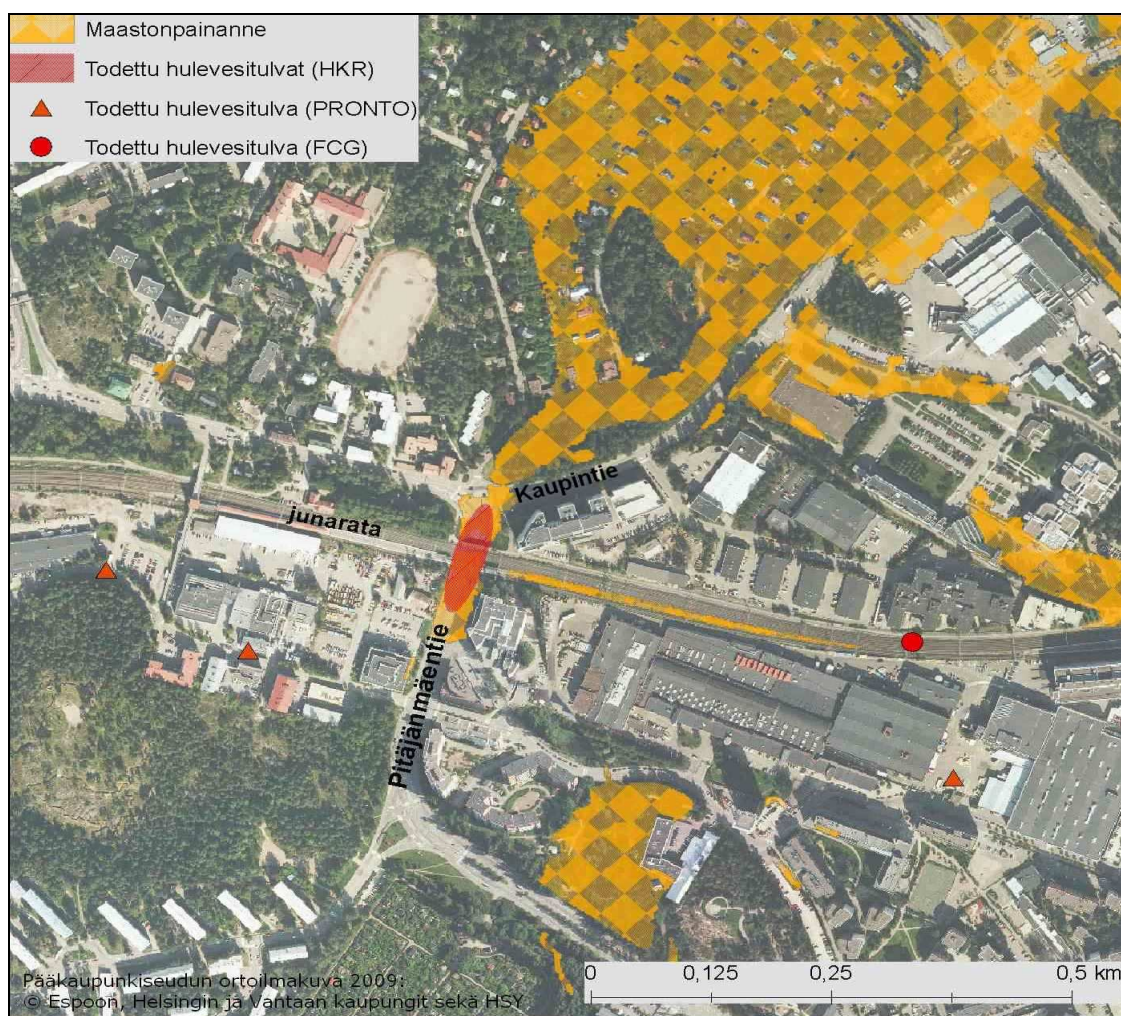


Kuva 40. Taka-Töölön alueella todetut hulevesitulvat ja maastonpainanteet.

Topeliuksenkadulla sijaitsevassa Töölön sairaalassa hulevesitulva aiheutti 22.8.2011 PRONTO-tilastoista saatujen tietojen perusteella potilaiden evakuointia yksittäisistä tiloista. Pelastuslaitoksen ilmoituksen mukaan ”Kohteessa pihan viemärit tukossa ja vettä kellarikerroksen ikkunoilla noin 10 cm:n korkeudella. Tiedustelulla havaittu sisäti-

loissa kuuden huoneen alueella vettä korkeimmillaan noin 5 cm. Vesi valui ikkunoiden karmien välistä jatkuvasti ulkoa sisälle”. Kantakarttaa tarkastelemalla voitiin todeta, että Töölön sairaala sijaitsee Töölönkadun puolella katutasasta alempana, jolloin hulevesillä on mahdollisuus valua rakennuksen seinien yhteyteen. Töölön sairaalassa havaittu tulvatilanne ei ollut tulvavesimäärien puolesta huomattava mutta edellytti poikkeuksellisia toimenpiteitä. Sairaalassa toteutetut evakuointitoimenpiteet koskivat kuitenkin yksittäisiä tiloja, eikä sairaalan toiminta ilmoituksen mukaan estynyt merkittävästi, joten todetun hulevesitulvan ei katsottu aiheuttaneen yleiseltä kannalta katsoen merkittävää vahinkoa. Muita hulevesitulvia oli havaittu Mannerheimintien ja Helsinginkadun sekä Helsinginkadun ja Vauhtitien risteyksissä, jossa tulvat aiheuttivat paikallisia ongelmia liikenteessä. Jotkut Taka-Töölön alueella todetuista hulevesitulvista koskivat myös yksittäisien kiinteistöjen kellaritilojen kastumista.

Pitäjänmäentiellä tulvi huomattavasti 22.8.2011 sattuneiden rankkasateiden aikana, jolloin Helsingin kaupungin rakennusvirastolta saatujen tietojen mukaan liikenne pysähtyi Pitäjänmäentiellä täysin. Kuvassa 41 on esitetty todetun hulevesitulvan sekä maastonpinnan sijainti.



Kuva 41. Pitäjänmäentiellä todettu hulevesitulva. Tulvakohdan pohjoispuolella Mätäjoki alittaa junaradan ja Pitäjänmäentien tunnelissa.

Todettu tulva sijaitsee junaradan alikulussa, jonka ympäristössä on myös maastonpainanne. Ongelmakohdan läheisyydessä Mätäjoki alittaa Pitäjänmäentien ja Kaupintien kiertoliittymän ja junaradan tunnelissa. Kohteessa havaitut tulvat vaikeuttivat monelta osin alueen liikennöintiä, mutta saatujen tietojen mukaan merkittävilta vahingoilta vältyttiin. Alikulun koillispuolella oleva laaja maastonpainanne on Mätäjoen purolaaksoa, jonne hulevesien paikallinen tulviminen on sallittua. Veden laajempi leviäminen purolaaksossa edellyttäisi Mätäjoen putkitettujen osuuksien tukkeutumista, jota ei kuitenkaan nähty merkittävän todennäköisenä tapahtumana. Näin ollen kohde ei lukeutunut merkittäväksi hulevesitulvakohteeksi.

Kokonaisuudessaan Helsingin kaupungin alueelta löytyi kymmeniä hulevesitulvaherkkiä alueita, joita tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin eri kartta-aineistojen kanssa. Kohteet, jotka kappaleessa 5.4 on erikseen esitetty, havainnollistavat kuitenkin hyvin Helsingin kaupungin tärkeimpien riskialueiden tulvaongelmien luonnetta ja vakavuutta. Yleisimpiä ongelmia olivat vilkkaasti liikennöityjen katualueiden ja asuinalueiden yhteydessä sijaitsevat painanteet, joiden kuivatusjärjestelmien kapasiteetti tai toiminta oli poikkeuksellisten rankkasateiden aikana heikentynyt. Tulvat olivat aiheuttaneet muun muassa ongelmia liikenteessä vaikuttaen häiritsevästi lukuisiin henkilöihin. Myös paikoitellen merkittäviäkin taloudellisia vahinkoja oli aiheutunut yksittäisille kiinteistöjen omistajille. Tästä huolimatta yhdelläkään yksittäisellä riskialueella hulevesitulva ei tietävästi ole aiheuttanut evakuointi- tai korjaustoimenpiteitä, jotka olisivat vaikuttaneet yli 500 asukkaaseen. Näin ollen laadittujen selvityksien ja asiantuntija-arvioiden perusteella todettiin, ettei Helsingin kaupungin alueella ole esiintynyt hulevesitulvia, jotka täyttäisivät tulvariskien hallinnasta annetun lain (620/2010) 8§:ssä tarkoitettuja yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä vahingollisia seurauksia. Tarkasteluiden perusteella ei myöskään löydetty kohteita, joissa yleiseltä kannalta merkittävä hulevesitulva olisi todennäköinen tulevaisuudessa.

5.5 Tuloksien arviointi

Kokemusperäisen tiedon luotettavuudessa ja etenkin tarkkuudessa ilmeni selviä eroja, sillä todetuista hulevesitulvista oli ilmoitettu vaihtelevalla laajuudella. Kaikista tarkimmat tiedot oli usein ilmoitettu pelastuslaitoksen toimenpiteitä edellyttäenistä tulvatilanteista, joista oli raportoitu PRONTO-järjestelmään. Onnettomuustilanteista oli usein lyhyt kuvaus tilanteen kehittymisestä sekä selvitys pelastuslaitoksen toiminnasta. Sen sijaan liikenneviraston HÄTI-järjestelmästä poimitut tiedot olivat haastavia arvioida, koska häiriötilanteet oli ilmoitettu tieosuuksina. Näin ollen hulevesitulvan tarkkaa sijaintia ja merkittävyyttä ei voitu selvittää.

Havaittujen hulevesitulvien merkittävyyden arviointi oli ajoittain haastavaa ja johtopäätöksen tekeminen edellytti usein monien eri kartta-aineistojen samanaikaista analysointia. Todettujen hulevesitulvien tarkkoja esiintymisajankohtia ei oltu aina ilmoitettu, jolloin ongelmien ajantasaisuutta oli myös vaikea arvioida. Joissakin ilmoite-

tuissa kohteissa on nimittäin voitu jälkeenpäin suorittaa toimenpiteitä tulvien ehkäisemiseksi, jolloin on mahdollisesti myös muutettu kohteiden hulevesitulvaherkkyyttä. Kokonaisuudessaan kokemusperäinen tieto antoi kuitenkin hyvän käsityksen toistuvista ongelmakohteista sekä ennen kaikkea tulvien aiheuttamista ongelmista. Näin ollen kokemusperäinen tieto toimi erittäin tärkeänä tukena teoreettisten tarkasteluiden ohella.

Konsulttityön karttaesityksissä todetut hulevesitulvakohteet päädyttiin erittelemään tietolähteiden mukaan. Vaikka käytetty esitystapa oli perusteltua rajallisten resurssien ja ajankäytön vuoksi, karttaesityksissä olisi kenties voinut ilmetä tulvaongelmien syyt paremmin. Hulevesitulvakohteiden erottelu esimerkiksi tulvimissyiden perusteella voisi helpottaa kartta-aineistojen hyötykäyttöä tulevaisuudessa ja olisi voinut antaa paremman kokonaiskuvan kaupungin hulevesitulvaongelmien luonteesta.

Merkittävä osa havaituista hulevesitulvista sijaitsi Helsingin keskusta-alueella, joka on pääosin sekaviemäröityä aluetta. Tulvariskien arviointia ja hallintaa koskevassa direktiivissä (2007/60/EY) sanotaan, että viemäritulvat voidaan jättää tulvariskien alustavan arvioinnin ulkopuolelle. Se, kuuluvatko sekaviemärijärjestelmät tarkastelun ulkopuolelle, ei selviä yksiselitteisesti direktiivistä saati tulvariskien hallintaa koskevasta laista (620/2010). Helsingin hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa sekaviemärijärjestelmät huomioitiin paikkatietotarkasteluiden yhteydessä, jolloin maastonpaineen välittömässä yhteydessä sijaitsevan sekaviemäriverkoston katsottiin vähentävän painanteen hulevesitulvaherkkyyttä. Sekaviemärijärjestelmien tulviminen on luonnollisesti myös mahdollista, mutta verkoston ylivuotojärjestelmien ansiosta merkittävän tulvimisen katsottiin olevan jokseenkin epätodennäköistä, ellei ylivuotojärjestelmä tukkiutunut meritulvan tai jonkun muun syyn takia.

Maa- ja metsätalousministeriö nimesi Helsingin rannikko-alueen merkittäväksi meritulvariskialueeksi, jossa harvinainen meritulva voisi aiheuttaa vakavia ongelmia muun muassa evakuointitoimenpiteissä ja liikenneyhteyksien ylläpitämisessä. Harvinaisen meritulvan aikana nouseva merivesi tai sen estämiseksi tehdyt rakenteelliset suojaustoimenpiteet, kuten penkereet tai tulvaluukut voivat estää myös huleveden purkautumista putkiviemäreistä ja avo-ojista aiheuttaen mahdollisuuden hulevesitulvan muodostumiselle tausta-alueella. Yksinomaan hulevesien vaikutuksesta mahdollisesti merkittävästi tulvivia kohteita selvitystyössä ei kuitenkaan löydetty ja rannikkoalueen alavia alueita ei pidetty tulvariskien hallinnasta annetun lain (620/2010) mukaisina merkittävinä hulevesitulvakohteina, koska hulevesitulva ei aiheudu ilman samanaikaista meritulvaa.

Hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa Helsingin kaupungin hule- ja sekaviemärijärjestelmän pumppaamot olisi voitu huomioida tarkemmin. Laaditussa selvitystyössä ei kuitenkaan ollut tiedossa kaikkia kaupungin pumppaamoita, joten yksityiskohtaista tarkastelua ei voitu toteuttaa. Ongelmatilanteissa pumppaamoiden varassa olevat kohteet saattavat sisältää riskin vahingollisen hulevesitulvan toteutumisesta, joten kohteiden huomioiminen olisi näin perusteltua. Pumppaamoiden yhteydessä olevat kohteet sijaitsevat usein kuitenkin maaston alavissa kohdissa, joita analysoitiin paikka-

tietoanalyysien avulla. Näin ollen kyseisien alueiden hulevesitulvariskejä arvioitiin ainakin karkealla tasolla.

Paikkatietotarkasteluiden avulla tunnistettiin selvinä erityiskohteina kaupunkipurojen ympäristössä sijaitsevat laaja-alaiset painanteet, joissa hulevesitulvan syntyminen edellyttäisi uoman tai siihen liittyvien silta-aukkojen tai rumpujen tukkeutumista. Merkittävän tulvan synty edellyttäisi tällöin rummun tai silta-aukon merkittävää tukkeutumista samaan aikaan, kun purossa ilmenisi rankkasateesta johtuva huippuvirtaama. Kyseisen tapahtuman katsottiin olevan mahdollinen, mutta kuitenkin erittäin epätodennäköinen. Yleisesti ottaen paikkatietotarkasteluiden tuloksien perusteella todettiin, että useita painanteita sijaitsi muun muassa päiväkotien, muuntamoiden ja muiden herkästi häiriintyvien kohteiden lähetyvillä. Yksi painanne sijaitsi myös sairaalan yhteydessä. Suuressa osassa kohteista painanteet sijaitsivat kuitenkin hulevesi- tai sekaviemäröinnin yhteydessä, jonka lisäksi arvioidut hulevesitulvasyvyyydet olivat hyvin matalia. Tarkasteluissa tärkeimpinä kohteina nähtiinkin suuren lähivaluma-alueen omaavat painanteet, joihin voisi kovien rankkasateiden aikana kertyä huomattavia määriä hulevettä. Tärkeinä kohteina nähtiin myös maastonpainanteet, joiden yhteydessä oli todettuja hulevesitulvia tai ilmoitettuja hulevesitulvariskejä, jolloin katsottiin, että kokemusperäinen tieto vahvisti teoreettisin tarkasteluin tehtyjä arviointeja mahdollisesta hulevesitulvariskistä.

Paikkatietotarkasteluiden tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua asianmukaisella kriittisyydellä erityisesti tulvasyvyyksien arvioinnin suhteen. Paikkatietoanalyysillä olisi voinut selvittää painanteiden syvimpien kohtien tarkan sijainnin, mutta yli tuhanen painanteen läpikäyminen ei olisi ollut tarkoituksenmukaista. Lisäksi hulevesien muodostumisen laskenta perustui pelkästään asfaltti- ja kattopintojen määrän arvioimiseen. Todellisuudessa hulevesivirtaamaa muodostuu myös vettä läpäiseviltä pinnoilta, kun maaperän vedenpidätyskyky ylittyy. Hulevesitulvien osalta katto- ja asfalttipintojen arviointi sekä muut laskennoissa käytetyt menetelmät antoivat kuitenkin asianmukaisella tarkkuudella tietoa maastonpainanteisiin nopeasti johtuvien hulevesien määrästä sekä mahdollisten hulevesitulvien syvyyksistä.

5.6 Ehdotuksia hulevesitulvariskien arvioinnin tarkistamiselle

Hulevesitulvariskien alustava arviointi tulee lain (620/2010) mukaan tarkistaa tarpeellisin osin kuuden vuoden välein. Ensimmäinen tarkistusarviointi tullaan suorittamaan vuoteen 2018 mennessä, jolloin kuntien tulee tarkistaa, onko tilanne merkittävien hulevesitulvariskien suhteen muuttunut.

Tätä työtä laadittaessa tuli esille asioita, joita Helsingin kaupungin sekä mahdollisesti muidenkin kuntien hulevesitulvariskien arvioinnin tarkistuksessa tulisi jatkossa huomioida. Helsingin kaupungin hulevesitulvariskien alustava arviointi laadittiin monelta osin hyvin perusteellisesti ja laajasti hyödyntäen useita erilaisia analyysimenetelmiä. Arvioinnin yhteydessä kaupungista löydettiin lukuisia hulevesitulvaherkkiä kohteita.

ta sekä monia potentiaalisia hulevesitulvariskialueita. Vaikka löydetty kohteet eivät tämän hetkisen tiedon mukaan täyttäneet lain (620/2010) mukaisia merkittävän hulevesitulvariskin kriteerejä, on kuuden vuoden kuluttua laadittavassa tarkistusarvioinnissa syytä hyödyntää nyt tehtyjä havaintoja ja löytöjä. Esimerkiksi ennusteet ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sateiden määrään ja rankkuuksiin saattavat päivittyä aiheuttaen mahdollisesti myös muutoksia nyt todettujen hulevesitulvariskien merkittävyyteen.

Tulevaisuudessa myös kunnan eri alueiden maankäyttö voi muuttua. Nyt laaditussa arvioinnissa Helsingin rakentamattomat alueet, kuten Östersundom, on pääosin jätetty tarkastelematta, sillä rakentamattomien kohteiden mahdollinen tulviminen ei nykyhetkellä aiheuttaisi merkittäviä vahinkoja. Myös tulvariskien arviointia ja hallintaa koskevassa direktiivissä (2007/60/EY) mainitaan, että harvaan asutuilla tai asumattomilla alueilla olevia tulvariskejä voidaan pitää vähemmän merkittävänä. Helsingin väkiluku kasvanee kuitenkin jo lähivuosina merkittävästi, jolloin kasvavat myös paineet kaupunkirakenteen tiivistämiselle sekä uusien, ennestään rakentamattomien alueiden hyödyntämiselle. Nyt tehdyssä arvioinnissa tulevan maankäytön tarkkaa ennakkointia ei katsottu koko kaupungin tasolla olevan mahdollista, saati tarkoituksenmukaista. Lisäksi on perusteltua olettaa, että rakentamattomien alueiden hulevesien hallinta ja tulvariskit otetaan huomioon maankäytön suunnittelun yhteydessä. Tulevaisuudessa maankäytön muuttuessa voi olla kuitenkin syytä tarkistaa, että hulevedet ja niiden hallinta on uudisrakentamisalueilla huomioitu asianmukaisella tavalla.

Kaavoittajien aktiivinen osallistuminen hulevesitulvariskien arviointiin voi myös tuoda esille uusia näkemyksiä, joita hulevesitulvariskien arvioimisessa tulisi hyödyntää. Helsingin hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa oli mukana ohjausryhmä, joka koostui muun muassa Helsingin kaupungin rakennusviraston, kaupunkisuunnitteluviraston, rakennusvalvontaviraston, kiinteistöviraston, ympäristökeskuksen sekä liikuntaviraston edustajista. Lisäksi mukana olivat edustajat Uudenmaan ELY-keskuksesta ja Helsingin seudun ympäristöpalvelusta. Monitahoinen osallistuminen hulevesitulvariskien arviointiin toi usein esille arvokasta lisätietoa, jolloin esimerkiksi havaittujen ongelmakohteiden luonne selvisi paremmin. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarkistamisessa onkin perusteltua myös hyödyntää eri tahojen tietoja ja kokemuksia, jotta mahdolliset hulevesitulvat ja niiden aiheuttamat vahingot otetaan huomioon mahdollisimman monipuolisesti.

Jatkossa laadittaviin hulevesitulvariskien tarkistusarviointeihin kuntien ei mahdollisesti tarvitse kuitenkaan panostaa yhtä voimakkaasti kuin hulevesitulvariskien alustaviin arviointeihin. Helsingin kaupungin alustava arviointi oli laajempi kuin useammalla muulla kunnalla, ja siinä hyödynnettiin sekä kokemuseräistä tietoa että paikkatietoaineistoa. Kokemuseräisen tiedon keräämisessä saatiin yleisesti ottaen hyvä otos, mutta tiedot tulvien aiheuttamista vahingoista ja tulvien tarkoista ajankohdista vaihtelivat paljon. Tiedot todetuista tulvista ja niistä seuranneista vahingoista perustuvat aina kuitenkin havaintoon, joka on lähes poikkeuksetta tarkempaa tietoa kuin paikkatietanalyysi tai mallinnustulos. Jatkossa kokemuseräisen tiedon tärkeys on syytä muistaa,

sillä tehtyjen havaintojen avulla voidaan löytää kohteet, jotka mahdollisesti edellyttävät tarkempaa tarkastelua esimerkiksi mallinnuksen ja paikkatietoanalyysien avulla.

Hulevesitulvien jatkuva rekisteröinti voisi olla suositeltava tehtävä jokaiselle kunnalle, jolloin tulvariskien suhteen pysytään aktiivisena myös arviointien välisenä aikana. Lisäksi mitä kattavammat kuntien tiedot toteutuneista hulevesitulvista ovat, sitä tehokkaampaa on hulevesitulvariskien arviointi ja ennen kaikkea tulvavahinkojen ennaltaehkäisy. Todettujen hulevesi- ja vesistötulvien rekisteröinnin lisäksi tulvaherkissä kohteissa mahdollisesti suoritettujen toimenpiteiden kirjaaminen olisi myös suositeltavaa. Tällöin tieto kohteiden tulvaherkkyydestä pysyisi ajan tasalla ja merkittävät tulvista kärsivät ongelma-kohteet löytyvät jatkossa helpommin. Tulvia koskevan tietopankin luomista on myös ehdotettu kehitystoimenpiteeksi Helsingin kaupungin tulvastrategiasa.

Direktiivissä (2007/60/EY) mainitaan, etteivät tulvariskien arvioinnit saisi kohuttomasti lisätä tulvariskien hallinnasta syntyviä kustannuksia. Näin ollen pienemmissä kunnissa kokemuseräisen tiedon perusteella saadaan todennäköisesti riittävän hyvä yleiskuva kunnan alueella vallitsevista hulevesitulvaongelmista. Suurempien kaupunkien kohdalla paikkatietoanalyysien ja mallinnuksen hyödyntäminen voi kuitenkin olla perusteltua, sillä rakennettua ympäristöä saattaa olla hyvin laajalla alueella. Muun muassa maastonpainanteiden etsiminen paikkatieto-ohjelmien avulla edellyttää alan asiantuntemusta mutta tarjoaa nopean ja havainnollistavan keinon tutkia erittäin laajoja alueita sekä arvioida myös tulevaisuudessa mahdollisesti toteutuvia hulevesitulvia. Lisäksi Maanmittauslaitos avasi kesällä 2012 kaikki digitaaliset maastotietoaineistonsa kansalaisten ja yritysten ilmaiseen käyttöön. Kattavaan aineistotarjontaan sisältyy myös kuntien korkeusmallit ja ortoilmakuvat, joten paikkatietoanalyysien teko on myös kustannustehokasta. Paikkatietotarkasteluista on lisäksi mahdollista täydentää mallintamisen avulla, jolloin voidaan tutkia myös olemassa olevan seka- ja hulevesiviemäriverkoston toimivuutta erilaisilla sadetapahtumilla. Tällöin verkoston potentiaaliset ongelmakohdat tulevat paremmin esille. Parhaisiin tuloksiin päästäänkin, kun paikkatieto-ohjelmien antamia tuloksia arvioidaan yhdessä mallinnustuloksien sekä olemassa olevien kartta-aineistojen kanssa.

Potentiaalisien hulevesitulvien arvioinnissa voitaisiin huomioida myös kunnan hule- ja sekaviemärijärjestelmän kunto. Viemärijärjestelmässä yleisesti vallitseva saneerausvelka voi tulevaisuudessa tuoda mukanaan lisäriskejä myös hulevesitulvien suhteen, sillä huonossa kunnossa olevien putkien välityskyky saattaa heikentyä. Verkoston kuntokartoitus palvelisi samalla myös muita tarkoituksia, kuten saneerattavien kohteiden priorisointia ja aikataulutusta. Myös kohteet, jotka sijaitsevat merkittävän hulevesi- tai sekaviemärijärjestelmän pumppaamon varassa, olisi perusteltua ottaa tarkempaan tarkasteluun. Kovan rankkasateen kanssa samaan aikaan tapahtuva sähkökatkos voi nimittäin kasvattaa joidenkin kohteiden hulevesitulvariskiä.

Taulukossa 3 on kootusti esitetty esimerkinomainen toimintaohjelma hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarkistamiselle. Ohjelma sisältää toimenpiteitä sekä esimerkkejä toimenpiteiden käytännön toteutuksesta.

Taulukko 3. Toimintaohjelma hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tarkistamiselle.

	Toimenpide	Toteutus
1.	Kokemusperäisen tiedon jatkuva kerääminen (toteutuneet tulvat ja tulvavahingot)	Tilastot, kyselyt, haastattelut, hulevesitulvariskien alustava arviointi (2011)
2.	Ennestään tunnettujen hulevesitulvaherkkien alueiden tarkistaminen merkittävän hulevesitulvariskin osalta	Havaintojen läpikäyminen saatavilla olevan muun aineiston, kuten karttojen avulla
3.	Ilmastonmuutoksen arvioidun vaikutuksen tarkistaminen	Ilmatieteenlaitoksen ohjeistus, ajankohtaiset tutkimustulokset, kirjallisuuden arviot
4.	Merkittävän hulevesitulvariskin kriteerien tarkistus	Kunnan paikallisten olosuhteiden tarkistaminen muun muassa terveydenhuollon, vesihuollon ja energihuollon osalta
5.	Verkon yleispiirteisen kunnon selvittäminen	Kuntotarkistukset, kuvaukset
6.	Tulevaisuudessa ilmenevien hulevesitulvien etsiminen mallinnuksen avulla	Olemassa olevan hule- ja sekaviemäriverkoston mallinnus, ongelmakohtien etsintä
7.	Merkittävän pumpppaamon varassa olevien kohteiden selvittäminen	Kartta-aineiston laadinta olemassa olevista pumpppaamoista

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Merkittävän hulevesitulvariskialueen nimeäminen edellyttäisi tulvariskien hallintaa koskevan lain (620/2010) 8§:n mukaisien kriteerien täyttymistä. Kriteerit ovat tiukat, sillä merkittävän hulevesitulvan tulisi aiheuttaa yleiseltä kannalta katsoen huomattavaa vahinkoa. Merkittävien hulevesitulvariskialueiden alustavassa arvioinnissa tuli lisäksi huomioida tarkasteltavan kunnan paikalliset tekijät. Tämä tarkoitti Helsingin kokoisen kaupungin kohdalla sitä, että kynnys merkittävän hulevesitulvariskialueen nimeämiselle oli osittain suurempi kuin pienemmillä kunnilla. Helsingissä esimerkiksi terveys- ja pelastuspalveluita on tarjolla useammassa paikassa verrattuna pienempiin kuntiin, joissa tärkeitä terveys- ja turvallisuuspalveluita tarjoavia yksilöitä voi olla jopa vain yksi. Yhden kohteen evakuoiminen tai poistaminen käytöstä aiheuttaisi näin ollen Helsingin kaupungissa suhteellisesti vähemmän vahinkoja pienempiin kuntiin verrattuna. Toisaalta välttämättömyyspalveluiden, kuten vesihuollon, energihuollon ja tieliikenteen keskeytyminen jopa lyhyeksikin aikaa vaikuttaisi Helsingissä huomattavan suureen ihmisjoukkoon. Välttämättömyyspalveluiden pitkäaikaista keskeytymistä hulevesitulvan vuoksi voitiin Helsingissä kuitenkin pitää epätodennäköisenä, sillä monia palveluita, kuten vesihuoltoa ja energihuoltoa, löytyy esimerkiksi naapurikunnista, ja Helsingin tieliikenneverkosto on varsin kattava vaihtoehtoisten yhteyksien luomiseen.

Hulevesitulvariskien arvioinnissa tutkittu selvitysalue oli huomattavan laaja käsittäen koko Helsingin kaupungin. Tästä johtuen käytettävissä olevan lähtöaineiston määrä oli erittäin suuri, ja mahdollisimman paljon tarkasteluista tehtiin tietokoneavusteisesti hyödyntäen paikkatieto- ja mallinnusohjelmistoja. Vaikka Helsingin hulevesitulvariskien alustavassa arvioinnissa hyödynnettiin monia automatisoituja menetelmiä, oli asiantuntijalausunnoilla erittäin tärkeä painoarvo. Selvitystyön aikana esitetyistä välituloksista saatiin läpi projektin ajan palautetta Helsingin kaupungin eri tahoilta, jolloin hulevesitulvariskejä arvioitaessa esille tuli usein erilaisia näkökulmia. Potentiaalisen hulevesitulvariskien arviointiin liittyi kuitenkin monia epävarmuustekijöitä esimerkiksi ilmastonmuutoksen arvioidun vaikutuksen ja kaupunkirakenteen muutoksien suhteen. Tulevaisuudessa mahdollisesti toteutuviin hulevesitulviin tuleekin näin ollen suhtautua asianmukaisella varauksella. Lähtöaineiston suuresta määrästä johtuen alustavan arvioinnin tarkkuus oli myös pidettävä tarkoituksenmukaisella tasolla, jotta hulevesitulvariskien alustava arviointi saatiin suoritettua määräaikaan mennessä. Selvitystyöstä saadut tulokset eivät ole aukottomia totuuksia, mutta ne antavat tämänhetkisten tietojen ja arvioiden perusteella hyvän suuntaa antavan kuvan Helsingin nykyisistä ja tulevaisuuden hulevesitulvariskeistä.

Laadittujen selvityksien ja asiantuntija-arvioiden perusteella todettiin, ettei Helsingin kaupungin alueella ole esiintynyt hulevesitulvia, jotka täyttäisivät tulvariskien hallinnasta annetun lain (620/2010) 8§:ssä tarkoitettuja yleiseltä kannalta katsoen merkittäviä vahingollisia seurauksia. Tarkasteluiden perusteella ei myöskään löydetty kohteita, joissa yleiseltä kannalta merkittävä hulevesitulva olisi todennäköinen tulevaisuudessa. Selvitystyön perusteella Helsingissä kuitenkin todettiin olevan lukuisia hulevesitulvaherkkiä alueita, joissa mahdolliset tulvat voivat aiheuttaa huomattavaakin vahinkoa tai haittaa kaupungin ja yksityisien ihmisten toiminnalle sekä omaisuudelle. Lisäksi valtaosa havaituista tulvakohteista kärsi laaditun hulevesitulvakyselyn perusteella toistuvista tulvaongelmista. Kyseisillä alueilla olisi syytä selvittää tarkemmin hulevesitulvien syy sekä laatia myös toimenpidesuunnitelmia hulevesitulvien ennaltaehkäisyä varten.

Suomen ympäristökeskuksen laatiman hulevesitulvakyselyn perusteella yksi toteutunut ja kuusi potentiaalista hulevesitulvatapahtumaa voisi ylittää kuntaliiton ehdottamat kriteerit merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämisestä. Tätä työtä tehdesä esille ei kuitenkaan tullut yhtään kuntaa, joka olisi nimennyt merkittävän hulevesitulvariskialueen. Hulevesitulvariskien alustava arviointi puuttui monelta kunnalta vielä huhtikuussa 2012, mutta heinäkuuhun 2012 mennessä vähintään suullinen tieto hulevesitulvariskeistä saatiin jokaiselta kunnalta.

Syy siihen miksi merkittäviä hulevesitulvariskialueita Suomesta ei löytynyt, saattoi olla lain (620/2010) korkeat merkittävyyden kriteerit, joita hulevesitulvien alustavissa arvioinneissa jouduttiin varmastikin tarkennetusti pohtimaan. Lisäksi lain (620/2010) edellyttämät jatkotoimenpiteet merkittäville hulevesitulvariskialueille tuli olla laadittuna hyvin nopealla aikataululla. Tiukat määräajat ja tulvariski- ja tulvavaarakarttojen sekä tulvariskien hallintasuunnitelmien laadinnasta koituvat lisäkulut saattoivat kannustaa kuntia välttämään merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämistä. Jatkotoimenpiteiden välttäminen lisäkustannuksien pelossa on kuitenkin lyhytnäköisesti perusteltua, sillä siinä jätetään huomioimatta tulevaisuudessa mahdollisesti saavutettavat taloudelliset säästöt tulvien aiheuttamien vahinkojen ennaltaehkäisyssä. Tulvien ja etenkin tulvavahinkojen ennaltaehkäisy voikin kustannuksiltaan olla halvempaa verrattuna toteutuneista tulvista aiheutuneiden vahinkojen korjaamiseen. Taloudellisten hyötyjen lisäksi tulvien ennaltaehkäisy säästää lukuisia ihmisiä inhimilliseltä kärsimykseltä.

Suomen ympäristökeskuksen hulevesitulvakysely toi esille myös hulevesitulvien hallintaan liittyviä puutteita, joita kuntien olisi mahdollisesti syytä kehittää. Esimerkiksi merkitykseltään vähäisiltä hulevesitulvilta ja niiden aiheuttamilta häiriöiltä sekä vahingoilta voitaisiin osittain välttyä kuntalaisten oman aktiivisuuden ja valvutuneisuuden avulla. Suomen ympäristökeskuksen laatimassa hulevesitulvakyselyssä suurin osa vastanneista kunnista ilmoitti, ettei kuntalaisille oltu annettu ohjeistusta hulevesitulviin varautumisesta. Hulevesitulviin liittyvä yleinen tiedotus ja kuntalaisien ohjeistus voisi lisätä yleistä valvutuneisuutta hulevesien ja hulevesitulvien suhteen, jolloin mahdolliset ongelmat saataisiin myös nopeammin käsittelyyn. Kyselyn tuloksissa ilmeni myös, että suurimmalle osalle Suomen kunnista nyt laadittu hulevesitulvariskien alustava arviointi oli ensimmäinen hulevesitulviin liittyvä selvitys. Lain (620/2010) ja asetuksen

(659/2010) määräykset tulvariskien hallinnan suhteen aktivoivat näin kuntia tehokkaasti hulevesitulvariskien selvittämiseen ja mahdollisesti myös ennaltaehkäisyyn. Alustavien arviointien tarkistukset lisäksi varmistavat, että hulevesitulvariskien suhteen pysytään jatkossakin aktiivisena.

Lain (620/2010) tapaan myös direktiivin (2007/60/EY) vaikutukset ovat mahdollisesti olleet samanlaiset lisäten Euroopan unionin jäsenmaiden valveutuneisuutta ja aktiivisuutta tulvaongelmien tarkkailun ja hallinnan suhteen. Direktiivin (2007/60/EY) johdosta tulvariskien hallintaan liittyvä toiminta toivottavasti myös yhdenmukaistuu, jolloin asiantuntemuksen vaihto eri valtioiden ja kuntien välillä helpottuu. Direktiivi (2007/60/EY) toimi myös hyvänä velvoitteena lisätä hulevesi- ja vesistötulvariskien yleistä tiedotusta sekä laatia Suomen lainsäädäntöön uudistuksia ja täydennyksiä tulvariskien hallinnasta. Suomessa laaditun uuden lain (620/2010) ja sitä täydentävän asetuksen (659/2010) myötä hulevesi- ja vesistötulvariskien hallintaa koskevat tehtävät ja vastuujako ovat jatkossa osittain tarkemmin määriteltyjä.

LÄHTEET

Aaltonen J., Hohti H., Jylhä K., Karvonen T., Kiipeläinen T., Koistinen J., Kotro J., Kuitunen T., Ollila M., Parvio A., Pulkkinen., Silander J., Tiihonen T., Tuomenvirta H. & Vajda A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Helsinki, Suomen Ympäristökeskus. 123 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 3.3.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=304648&lan=fi&clan=fi>

A.659/2010. Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659>

A. 319/2010. Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100319>

Ahteensuu M. 2008. Filosofia.fi, Riskianalyysi ja ennaltavaraautumisen periaate. [verkkosivusto]. [Viitattu 11.4.2012]. Saatavissa: <http://filosofia.fi/node/4062>

Averyt K., Chen Z., Qin D., Manning M., Marquis M., Miller H.L., Solomon S., Tignor M. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and NY, USA. 996 s.

B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Pohjarakenteet, Määräykset ja ohjeet 2004. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.1.2012]. Saatavilla: <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/b3.pdf>

Bergage R. D., Beattie D., Jarrett A.R., Thuring C., Razaei F. 2009. Green Roofs for Stormwater Runoff Control. Edison NY, EPA, United States Environmental Protection Agency. 81 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.3.2012]. Saatavissa: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1003704.txt>

Bundesministerium der Justiz. 2009. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts - WHG. [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.8.2011]. Saatavilla: http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html#BJNR258510009BJNG001300000

C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. Kosteus, Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.1.2012]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, Määräykset ja ohjeet 2007. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.1.2012]. Saatavilla: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2012. ELY-keskukset. [verkkosivusto]. [Viitattu 11.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/FI/ELYKESKUKSET/Sivut/default.aspx>

Eskola R., Tahvonen O. 2010. Hulevedet rakennetussa ympäristössä. Hämeenlinna, Hämeen ammattikorkeakoulutuksen kuntayhtymä. 152 s.

Euroopan parlamentti ja neuvosto. 2000. Direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. 327 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 25.8.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:FI:PDF>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. 2007. Direktiivi 2007/60/EY tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta. Euroopan unionin virallinen lehti. 288 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.7.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:FI:PDF>

European Commission, Environment. 2011. A new EU Floods Directive. [verkkosivusto]. [Viitattu 24.8.2011]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm

European Commission, Environment. 2011. A European Flood Action programme. [verkkosivusto]. [Viitattu 29.1.2012]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/consult.htm

European Commission, Environment. 2011. Implementation of the Floods Directive. [verkkosivusto]. [Viitattu 20.8.2011]. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/timetable.htm

Euroopan unioni. 2012. Perustietoa Euroopan unionista. [verkkosivusto]. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: http://europa.eu/about-eu/basic-information/index_fi.htm

Euroopan unioni. 2012. Euroopan komissio. [verkkosivusto]. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: http://europa.eu/about-eu/institutions-bodies/european-commission/index_fi.htm

Frankel, Michael L. (2010). Facility Piping Systems Handbook - For Industrial, Commercial, and Healthcare Facilities (3rd Edition). McGraw-Hill. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2012]. Saatavissa: http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3322&VerticalID=0

Flood Risk Management (Scotland) Act. 2009. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.12.2011] Saatavissa: http://www.legislation.gov.uk/asp/2009/6/pdfs/asp_20090006_en.pdf

Gaia Group Oy. 2005.. Viranomaisten varautuminen rankkasadetulvatilanteisiin: Pelastustoiminnan johtokeskustyöskentelyn ja viranomaisten yhteistoiminnan kehittämistarpeet. [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.5.2012] Saatavilla: http://www.pelastustoimi.fi/media/raportit/tulva06/fi_tulva06.pdf

Hatt B. E., Fletcher T. D., Deletic A. 2009. Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. Journal of Hydrology 365 (2009). s 310-321.

Helsingin Sanomat. 2011. Lehtiartikkeli 23.8.2011.

Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2008. Helsingin kaupungin tulvastrategia. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2012] Saatavissa: http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/d637b4004f58c8e581d1c7ddf57f027f/tulvastrategia1_1_2009.pdf?MOD=AJPERES

Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto. 2010. Helsingin kaupungin rakennusjärjestys. [verkkodokumentti]. [Viitattu 21.8.2011]. Saatavissa: http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/3b7175804437405091b4913e564265af/Uusi_rakennusj%C3%A4rjestys_2010_11_01.pdf?MOD=AJPERES&lmod=1257201330&CACHEID=3b7175804437405091b4913e564265af

Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 2009. Helsingin ympäristön tila: teemakatsaus 1/2009. [verkkodokumentti]. [Viitattu 15.8.2011]. Saatavissa: http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/6a1b2f804e56bf52be1bfeed6b1ccc6d/teemakatsaus0109_nettiin.pdf?MOD=AJPERES&lmod=-1516779668&CACHEID=6a1b2f804e56bf52be1bfeed6b1ccc6d

Helsinki Testbed. 2012. [verkkosivusto]. [Viitattu 22.3.2012]. Saatavilla: <http://testbed.fmi.fi/>

HSY, Helsingin seudun ympäristöpalvelut- kuntayhtymä, Maanmittauslaitos. 2010. SeutuCD'10, Pääkaupunkiseudun korkeusmalli. Helsinki 2010.

Ilmatieteenlaitos. 2012. Tiedotearkisto:2011. [verkkosivusto]. [Viitattu 22.8.2011]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/425207>

Ilmatieteenlaitos. 2011. Kesätilastot. [verkkosivusto]. [Viitattu 22.8.2011]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/kesatilastot>

Ilmatieteenlaitos. 2011. Sade, pilvet ja tuulet. [verkkosivusto]. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/sade-pilvet-ja-tuulet>

Ilmatieteenlaitos. 2011. Vuositilastot. [verkkosivusto]. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>

IPCC working group. 2000. Special Report on Emissions Scenarios. Intergovernmental panel on climate change. [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.5.2012]. Saatavissa: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/

Jormola J., Harjula H., Sarvilinna A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Helsinki, Suomen Ympäristökeskus. 168s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.3.2012.] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=10035>

Jylhä K., Ruosteenoja K., Tuomenvirta H. 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. Boreal Environmental Research (2004) 9. s 127- 157.

Jylhä K., Ruosteenoja K., Räisänen J., Venäläinen A., Tuomenvirta H., Ruokolainen L., Saku S., Seitola T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten, ACCLIM- hankkeen raportti 2009. Ilmatieteenlaitos.[verkkodokumentti]. [Viitattu 11.10.2011.] Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15711/2009nro4.pdf?sequence=1>

Kajanus M., Kløve B., Lakso E., Rajala V. Ylivieskan kaupunkitulva. Vesitalous. 3/2006. s 39. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.8.2011]. Saatavilla: <http://www.mvtt.fi/Vesitalous/arkisto/2006/032006/kajamik.pdf>

Karjalainen M. 2009. Sähköpostitse 8.9.2011 toimittama esitys häiriötietojärjestelmästä, koulutusmateriaali 3.3.2009.

Kilpeläinen T., Tuomenvirta H., Jylhä K. 2008. Climatological characteristics of summer precipitation in Helsinki during period 1951-2000. Boreal Environmental Research (2008) 13. 67-80.

Kilpeläinen T. 2006. Kesäsateiden ilmastolliset piirteet Helsingin Kaisaniemessä 1951-2000. Helsingin yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Pro gradu-tutkielma. 75s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.11.2011.] Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/fysik/pg/kilpelainen/kesasate.pdf>

Kotola J., Nurminen J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia- valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: Koealuetutkimus. Espoo, Teknillinen korkeakoulu. Vesitalous ja vesirakennusjulkaisu. 205s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.10.2011]. Saatavilla: <http://www.water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-7.pdf>

Kunnat.net. 2011. Kuntien pinta-alat ja asukastiheydet 1.1.2011. [verkkosivusto]. [Viitattu 13.1.2012]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tilastot/aluejaot/kuntien-pinta-alat-ja-asukastiheydet/Sivut/default.aspx>

Kuntaliitto. 2011. Kuntaliiton muistio 18.4.2011 - Suositukset kunnille merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiseksi. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.1.2011]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=381431&lan=fi>

Kuntaliitto. 2011. Hulevesiopas. 132s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.1.2012]. Saatavilla: www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyt/tekntoimi/hulevesien_hallinta/Documets/Hulevesiopas_16711.pdf

Kuusamon energia ja vesi. 2012. Kuusamon energia ja vesi osuuskunnan verkkosivut. [verkkosivusto]. [Viitattu 6.6.2012]. Saatavissa: http://www.kuusamonevo.fi/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=31&Itemid=45

Kuusisto P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B 48. 69 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: http://www.helsinki.fi/maantiede/labrat/Julkaisuja_B48.pdf

L. 669/1978. Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1978/19780669>

L. 620/2010. Laki tulvariskien hallinnasta. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>

L. 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki: Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L. 494/2009. Patoturvallisuuslaki. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090494>

L. 379/2009. Pelastuslaki. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>

L. 86/ 2000. Ympäristönsuojelulaki: Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>

L.119/2991. Vesihuoltolaki. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

L.587/2011. Vesilaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Liljequist G. H. 1962. Meteorologi. Stockholm, Generalstabens litografiska anstalts förlag. 436 s.

Lonka H., Nikula J. 2008. Maankäytön ja kuntatekniikan suunnittelu taajamien tulvariskien hallinnassa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja. 77 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 1.6.2012] Saatavissa:
www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=85738

Maa-metsätalousministeriön verkkosivut. 2012. Suomessa 21 merkittävää tulvariskialuetta. [verkkosivusto]. [Viitattu 26.6.2012]. Saatavissa:
http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/tiedotteet/111220_tulvariskialueet.html

Maanmittauslaitos. 2011. Vuositolastot, pinta- alat kunnittain 1.1.2011. [verkkosivusto]. [Viitattu 18.8.2011.]. Saatavissa:
http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/pinta-alat_2011_kunnannimenmukaan.xls

Mattila H. E. S. 1999. Encyclopædia iuridica Fennica, Suomalainen oikeustietosanakirja. Helsinki, Suomalainen lakimiesyhdistys. 628 s.

(Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. 2012. [verkkosivusto]. [Viitattu 21.2.2012]. Saatavissa: <http://www.drie.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/directive-inondation-r556.html>

Nurmi P., Heinonen T., Jylhänlehto M., Kilpinen J., Nyberg R. 2008. Helsingin kaupungin hulevesistrategia. Helsingin kaupunki rakennusvirasto, katu- ja puisto-osasto. [verkkodokumentti]. [Viitattu 24.8.2011]. Saatavissa: www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2008/hulevesistrategia_2008_9.pdf

Oikeusministeriö. 2011. Vesilainsäädännön uudistaminen. [verkkosivusto]. [Viitattu 7.9.2011]. Saatavissa: <http://www.om.fi/1145624760861>

OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalvelu. Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta 5.2. [verkkosivusto]. [Viitattu 22.8.2011]. Saatavissa: <http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Oikeusministeriön työryhmä. 2011. Lainsäädäntösanasto 2011. [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/muut/saadkaan/laki.pdf>

Parjanne A. 2012. Sähköpostitse tehty haastattelu 27.7.2012.

Pelastusopisto. 2012. Tilastot (PRONTO). [verkkosivusto]. [Viitattu 2.1.2012]. Saatavissa: <http://www.intermin.fi/pelastus/home.nsf/wLatest/D1EFF253B661ABC5C22571B8003A8487>

Planning, Housing and Environmental Services Committee. 2009. Implementation of the floods risk management (Scotland) act 2009, report. [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.8.2011]. Saatavissa: http://rpu.dumgal.gov.uk/xpedio/groups/public/documents/committee_reports/021052.pdf

Porin kaupunki. 2007. Porin kaupunkitulva, loppuraportti. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.8.2011]. Saatavissa: <http://www.pori.fi/material/attachments/tekninenpalvelukeskus/ajankohtaistaliikenteesta/raportit/5vA4Hx8Kn/Kaupunkitulvaraportti-lopullinen-22102009.pdf>

PRONTO- Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto. Henkilötietolain 10§:n mukainen henkilörekisteriseloste. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.1.2012] Saatavissa: <https://prontonet.fi/Rekisteriseloste%205.10.2011.pdf>

Rakennuslehti. 4.4.2012. Yksikään kunta ei ole nimennyt merkittävää tulvariskialuetta. [verkkosivusto]. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/infra/28048.html>

Roesner L.A., Bledsoe B.P., Brashear R.W. 2001. Are best-management-practice criteria really environmentally friendly?. Journal of Water Resources Planning and Management, toukokuu. 127, 3. 150 – 154 s.

Saukkonen Lea. 2008. Suomalainen sää, ilmastonmuutos ja ääri-ilmiöt. Helsinki, Jyväskylä, Minervakustannus. 174s.

Sovellettu hydrologia. 1986. Vesiyhdistys r.y. 503 s

Suomen Kuntatekniikan Yhdistys. 2003. KATU 2002, Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy. 283 s.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y.2003. RIL 124-1 Vesihuolto 1. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 314 s.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y.2004. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 684 s.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y.2004. RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 137 s.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y.1987. RIL 126-1987 Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 103 s.

Suomen ympäristökeskus. 2011. Kysely hulevesitulvista – tulosten yhteenveto. [verkkodokumentti]. [Viitattu 26.9.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126120&lan=fi>

Suomen Ympäristökeskus, Ely-keskukset. 2010. Tausta-asiakirja hulevesitulvariskien alustavaan arviointiin. 12 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.8.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=121446&lan=fi>

Suunnittelukeskus Oy. 2007. Hulevesien hallinta-esiselvitys organisointimalleista, loppuraportti. 33 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.8.2011]. Saatavissa: www.vvy.fi/files/90/loppuraportti_liitteineen.pdf

Suunnittelukeskus Oy. 2007. Helsingin hulevesien hallinta nyt ja tulevaisuuden näkökulmia. 66 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2.8.2011]. Saatavissa: http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2008/hulevesistrategia_2008_9.pdf

Teemusk A., Mander Ü. 2007. Rainwater runoff quantity and quality performance from a green roof: The effects of short-term events. *Ecological Engineering*. Volume 30, Issue 3, 2 July 2007, sivut 271–277.

Tilastokeskus. 2011. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat, Väestöennuste 2009 iän ja sukupuolen mukaan alueittain 2009 - 2040. [verkkosivusto]. [Viitattu 16.8.2011]. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/vrm/vaenn/vaenn_fi.asp

Tulvariskityöryhmä. 2009. Tulvariskityöryhmän raportti. 77s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 14.9.2011]. Saatavissa: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2009/5FyKJCAD0/MMM-57142-v1-Tulvariskityoryhman_raportti_26_3_2009__lopullinen_3.pdf

UK Statutory Instruments. 2009. The Flood Risk Regulations 2009. [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.8.2011]. Saatavissa: http://www.legislation.gov.uk/uksi/2009/3042/pdfs/uksi_20093042_en.pdf

US EPA. 1990. Impacts of Changes in Hydrology Due to Urbanization. United States Environmental Protection Agency, Watershed Management Unit, Water Division, Region V, Chicago, Il.

Vakkilainen P., Kotola J. & Nurminen J. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristökeskus. 116 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 3.6.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=144684>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2012. Tulvariskien hallinnan suunnittelu. [verkkosivusto]. [Viitattu 26.6.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=639&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2012. Merkittävät tulvariskialueet sekä merkittävyyden perusteena olevat vahingolliset seuraukset. [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.6.2012]. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=132889&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2011. Tulvariskilainsäädäntö. [verkkosivusto]. [Viitattu 27.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=381814&lan=FI>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2011. Hulevesien hallinnan kehittäminen. [verkkosivusto]. [Viitattu 29.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=386371&lan=FI>

Venäläinen A., Johansson M., Kersalo J., Gregow H., Jylhä K., Ruosteenoja K., Neitiniemi-Upola L., Tietäväinen H., Pimenoff N. 2010. Ilmastotietoja ja –skenaarioita pääkaupunkiseudun ilmastomuutokseen sopeutumisohjelmaa varten. Ilmatieteenlaitos. 39 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.baltcica.org/documents/IlmastotietojaJaSkenaarioita_logo.pdf

Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmä. 2010. Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmän loppuraportti. [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.9.2011]. Saatavissa: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2010/5qY7MKtIv/trm2010_6.pdf

Vesi- ja Viemärlaitosyhdistys. 2011. Hulevedet. [verkkosivusto]. [Viitattu 4.8.2011]. Saatavissa: http://www.vvy.fi/index.phtml?697_m=1719&s=58

Vikman H., Arosilta A. 2006. Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö, Huoltovarmuuskeskus, Suomen ympäristökeskus. 121 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=50713>

Väestörekisterikeskus. 2011. Kuntien asukasluvut suuruusjärjestyksessä lokakuu 2011. [verkkosivusto]. [Viitattu 18.8.2011]. Saatavissa: <http://vrk.fi/default.aspx?docid=5836&site=3&id=0>

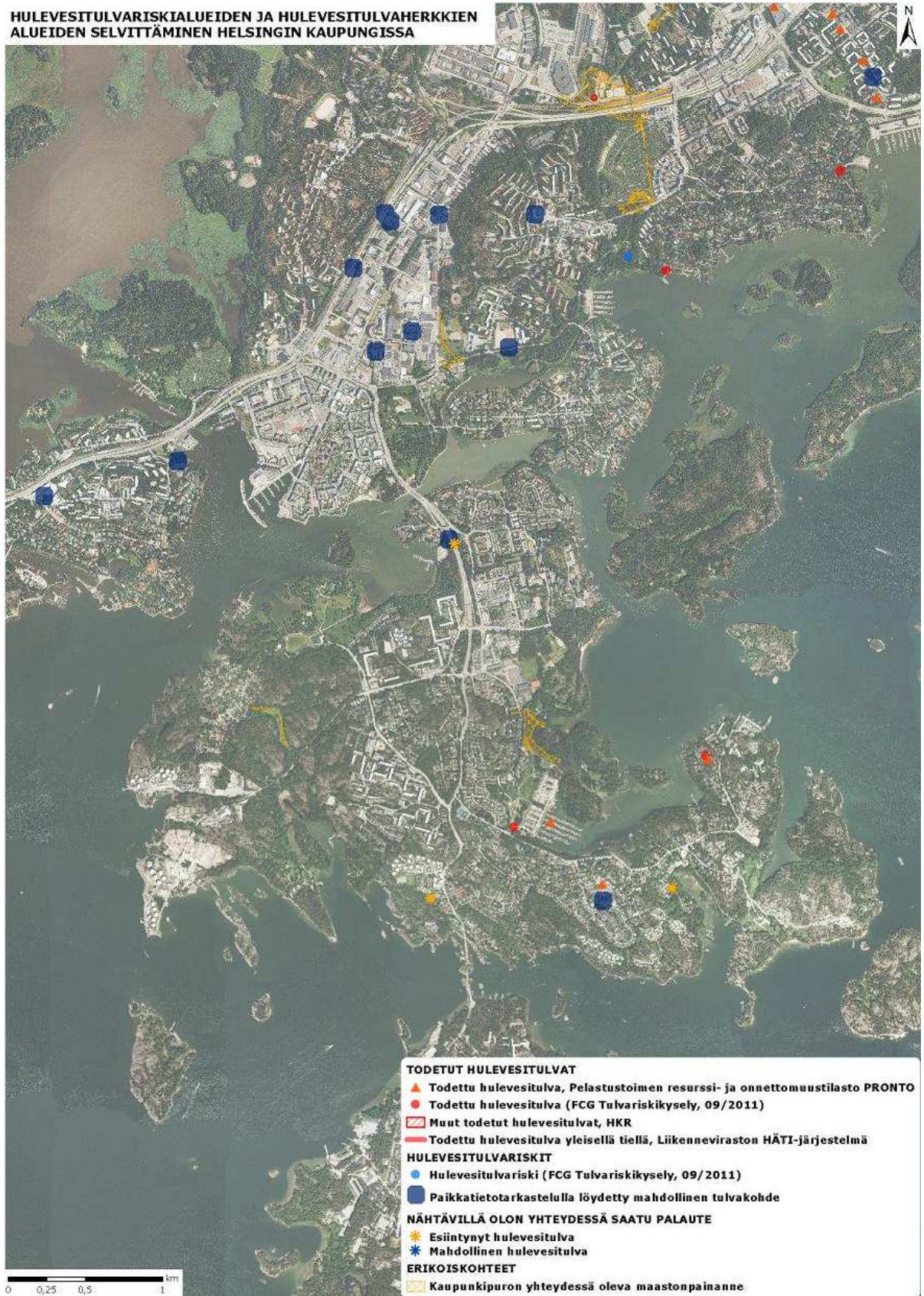
VTT. 2010. Riskianalyysit, Keskeisien termien määritelmiä. [verkkosivusto]. [Viitattu 11.4.2012]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/riskianalyysit/index98a4.html>

LIITTEET

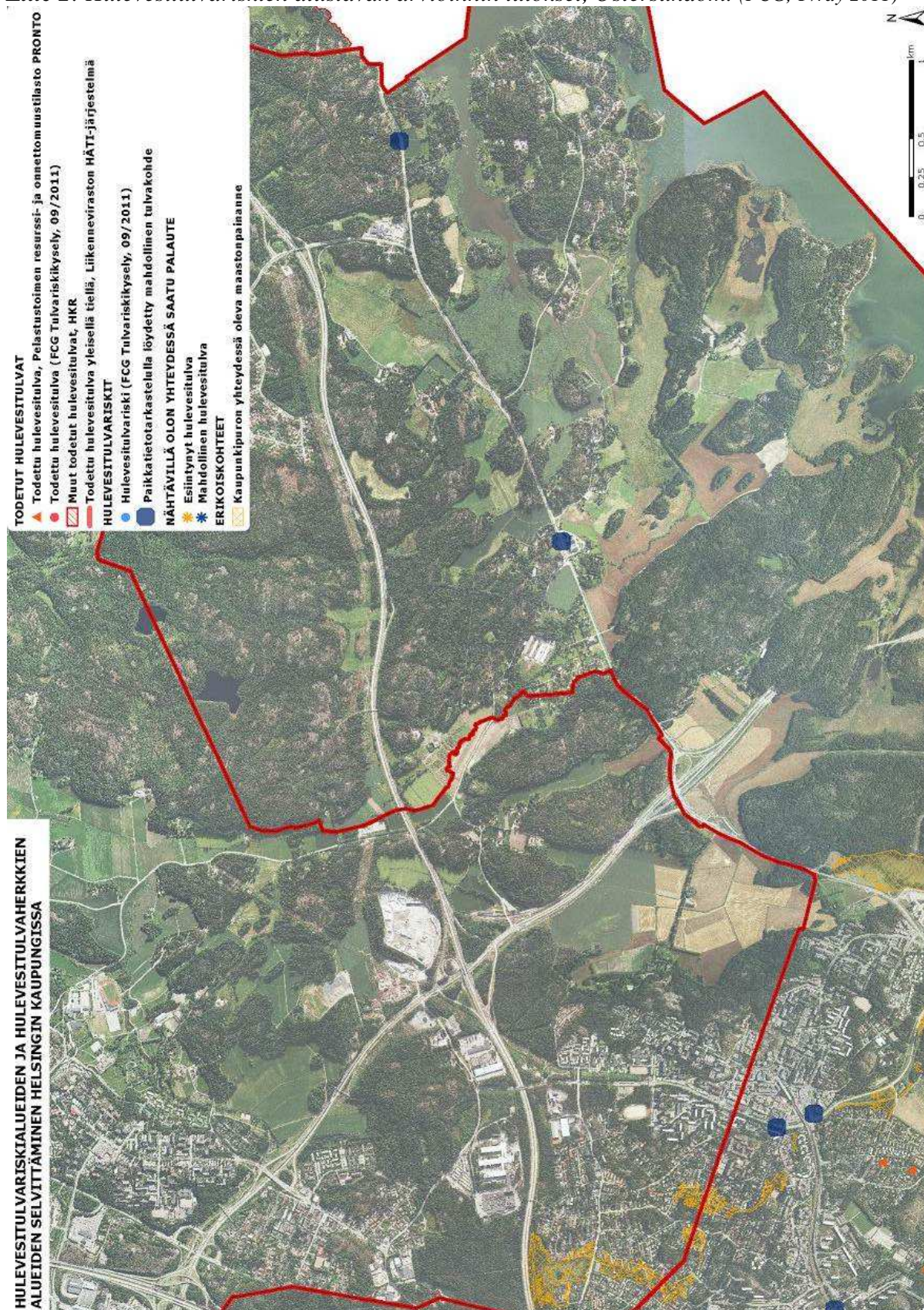
1. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Laajasalo
2. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Östersundom
3. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Lauttasaari
4. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Keskusta
5. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Pasila
6. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Tapanila
7. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Vuosaari
8. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Latokartano
9. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Pakila
10. Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Lassila

Liite 1: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Laajasalo. (FCG, Tvrdý 2011)

**HULEVESITULVARISKIALUEIDEN JA HULEVESITULVAHERKKIEN
ALUEIDEN SELVITTÄMINEN HELSINGIN KAUPUNGISSA**

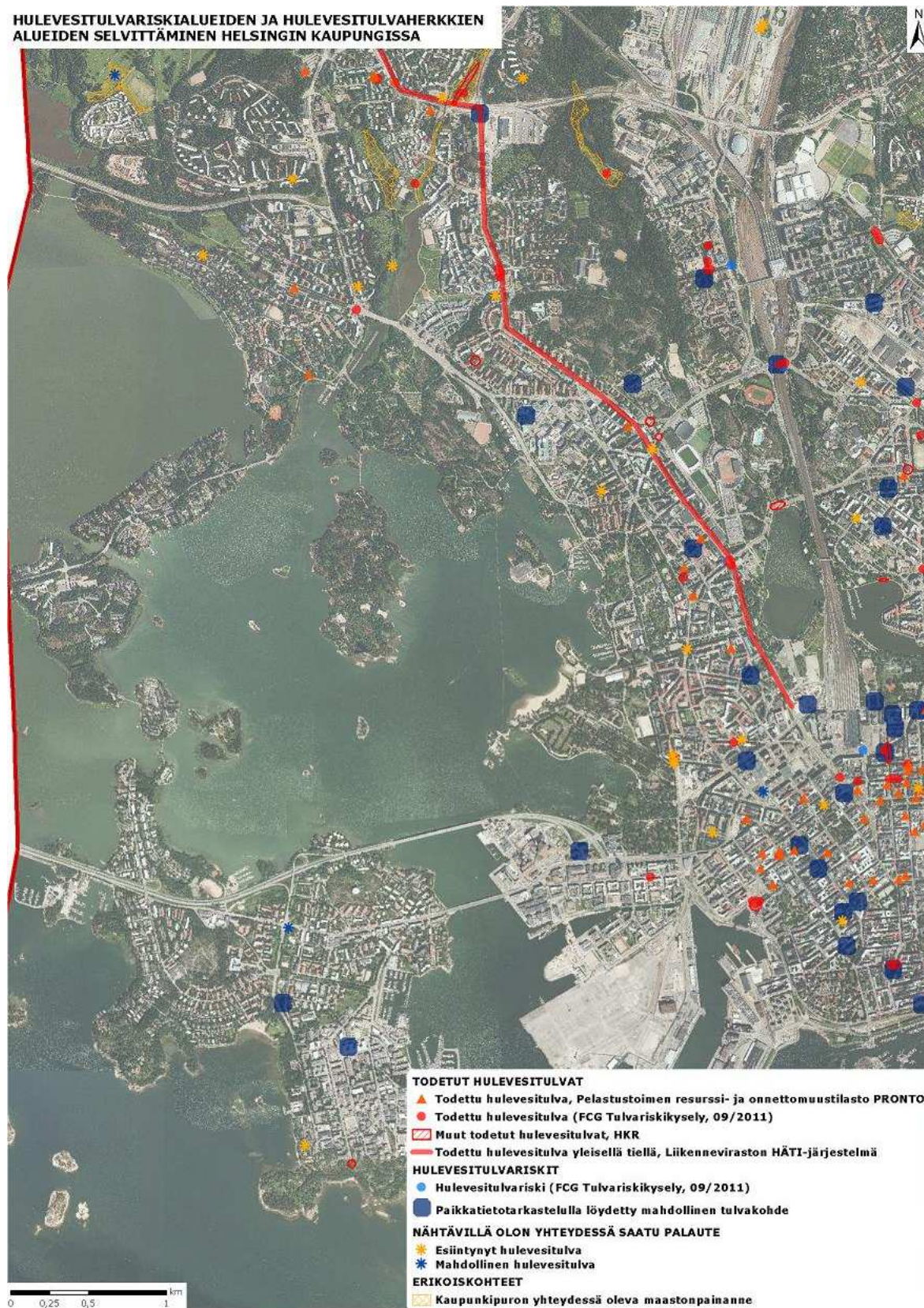


Liite 2: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Östersundom. (FCG, Tvrdý 2011)

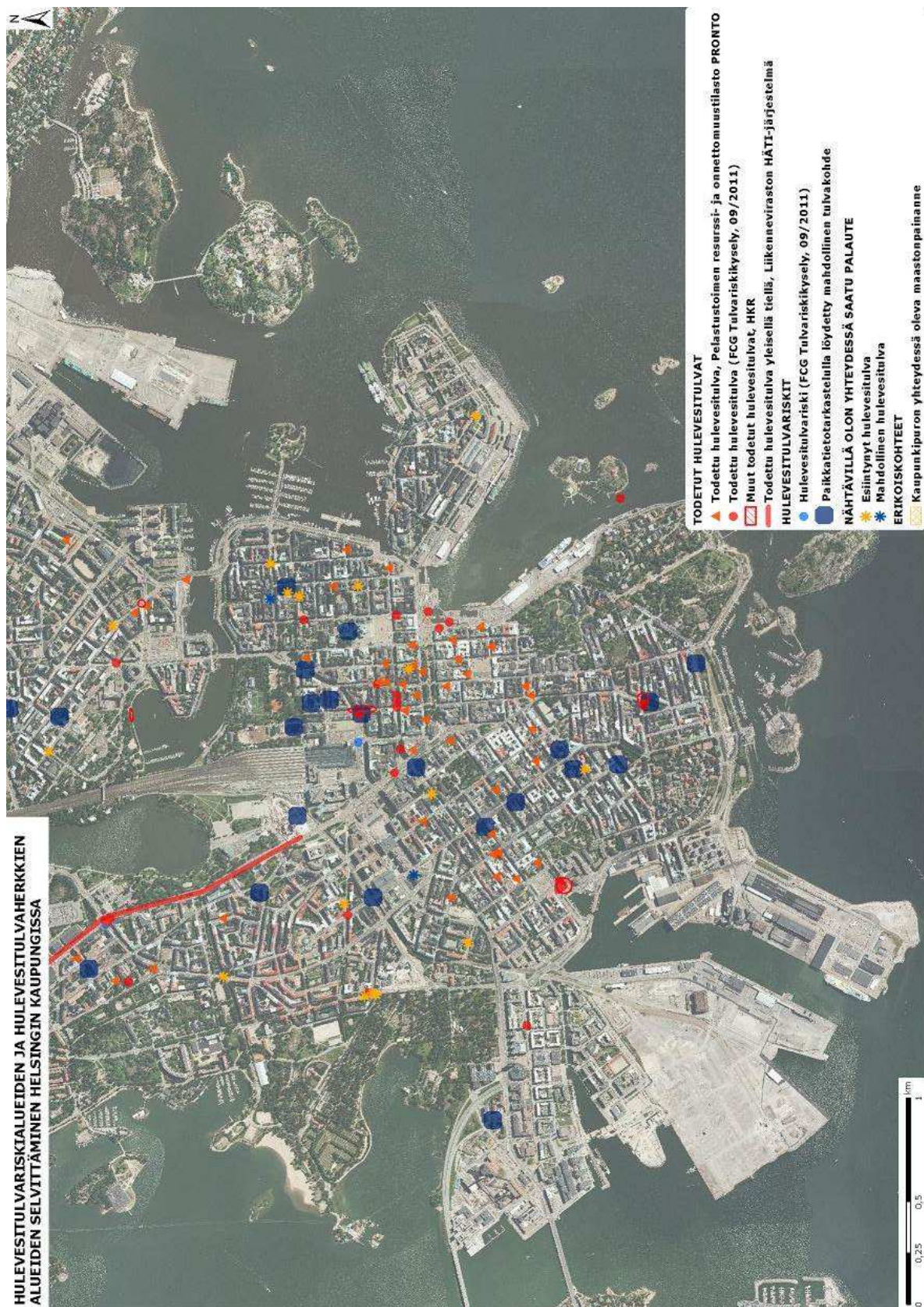


Liite 3: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Lauttasaari. (FCG, Tvrdý 2011)

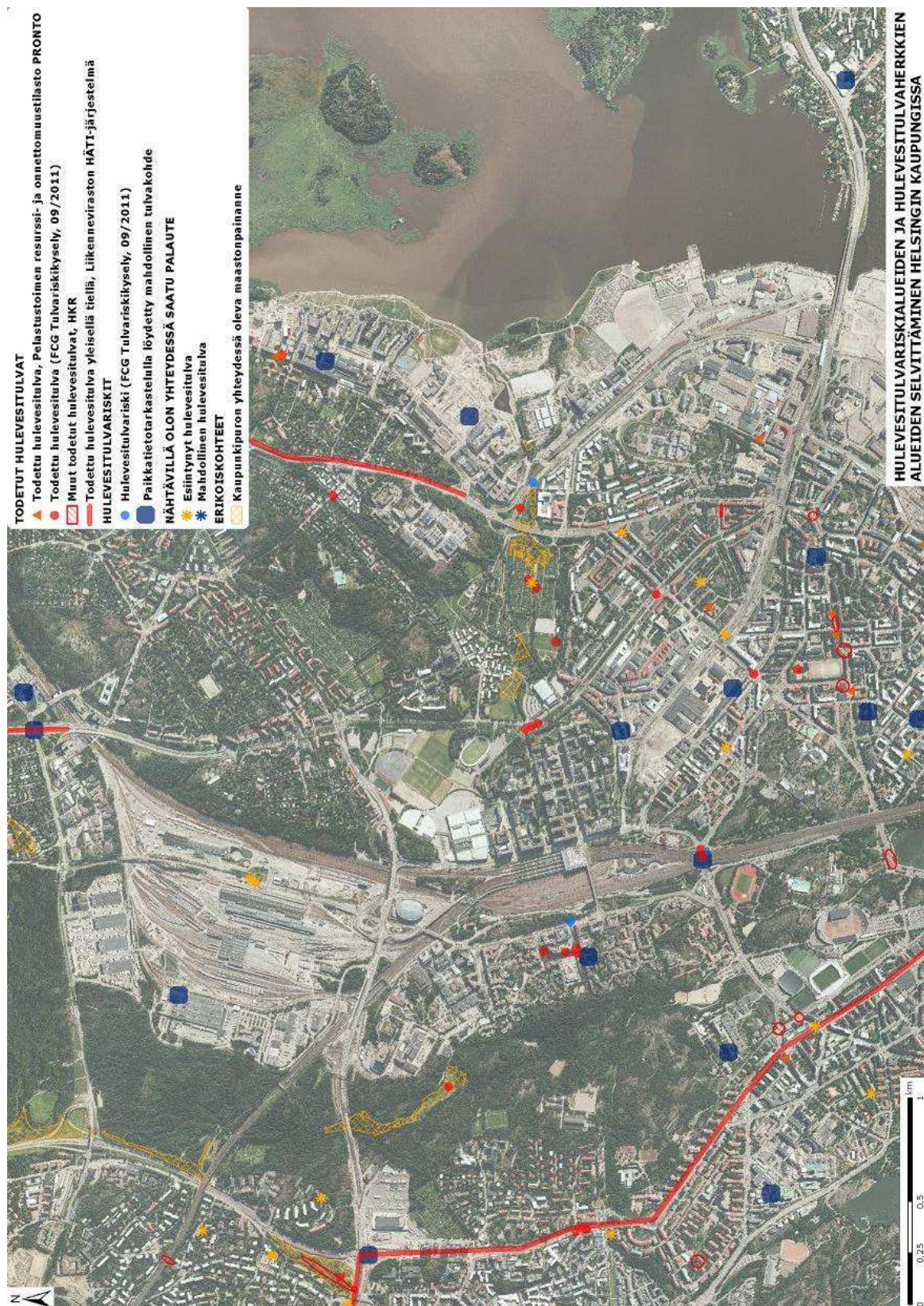
**HULEVESITULVARISKIALUEIDEN JA HULEVESITULVAHERKKIEN
ALUEIDEN SELVITTÄMINEN HELSINGIN KAUPUNGISSA**



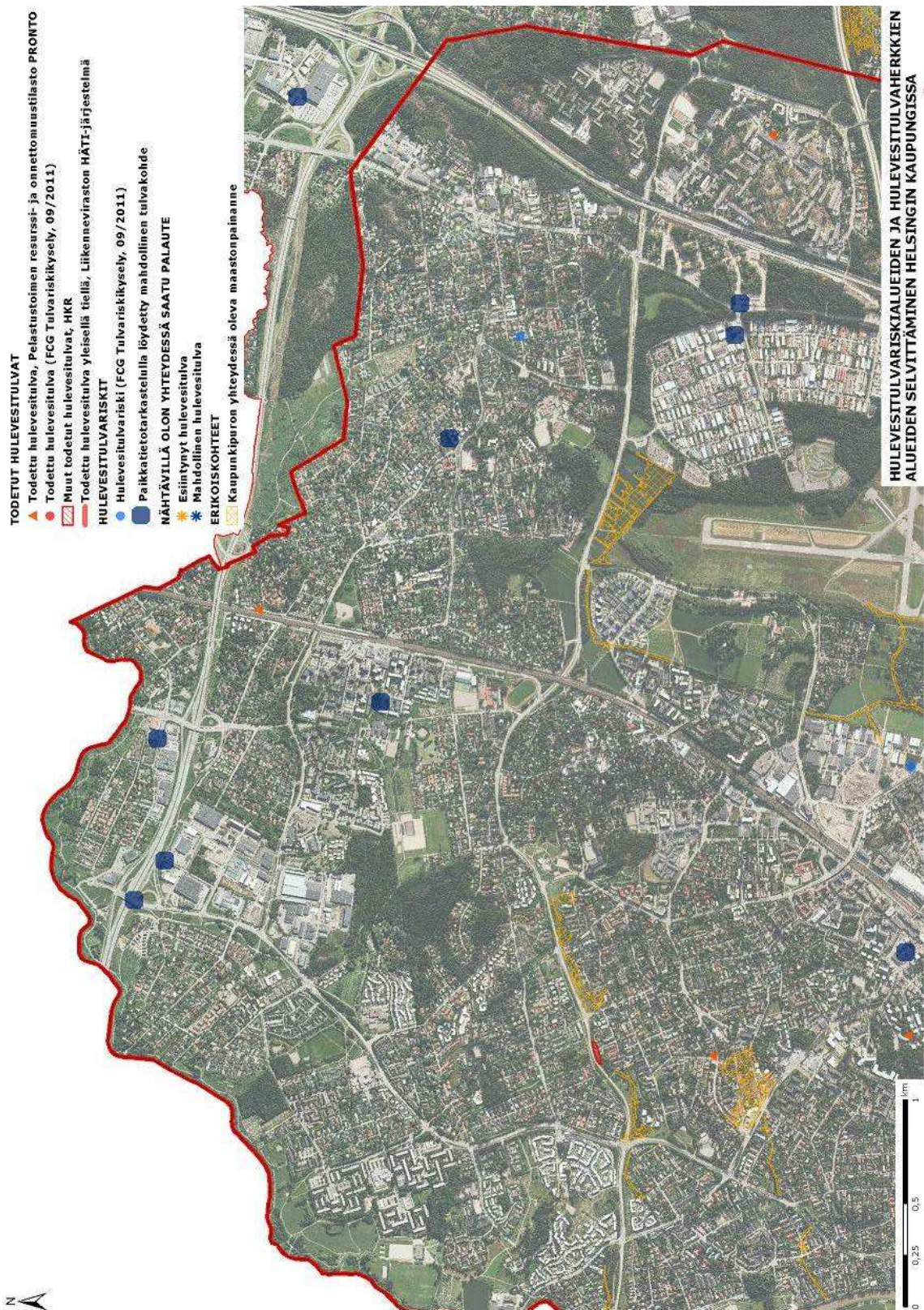
Lüite 4: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Keskusta. (FCG, Tvrđý 2011)



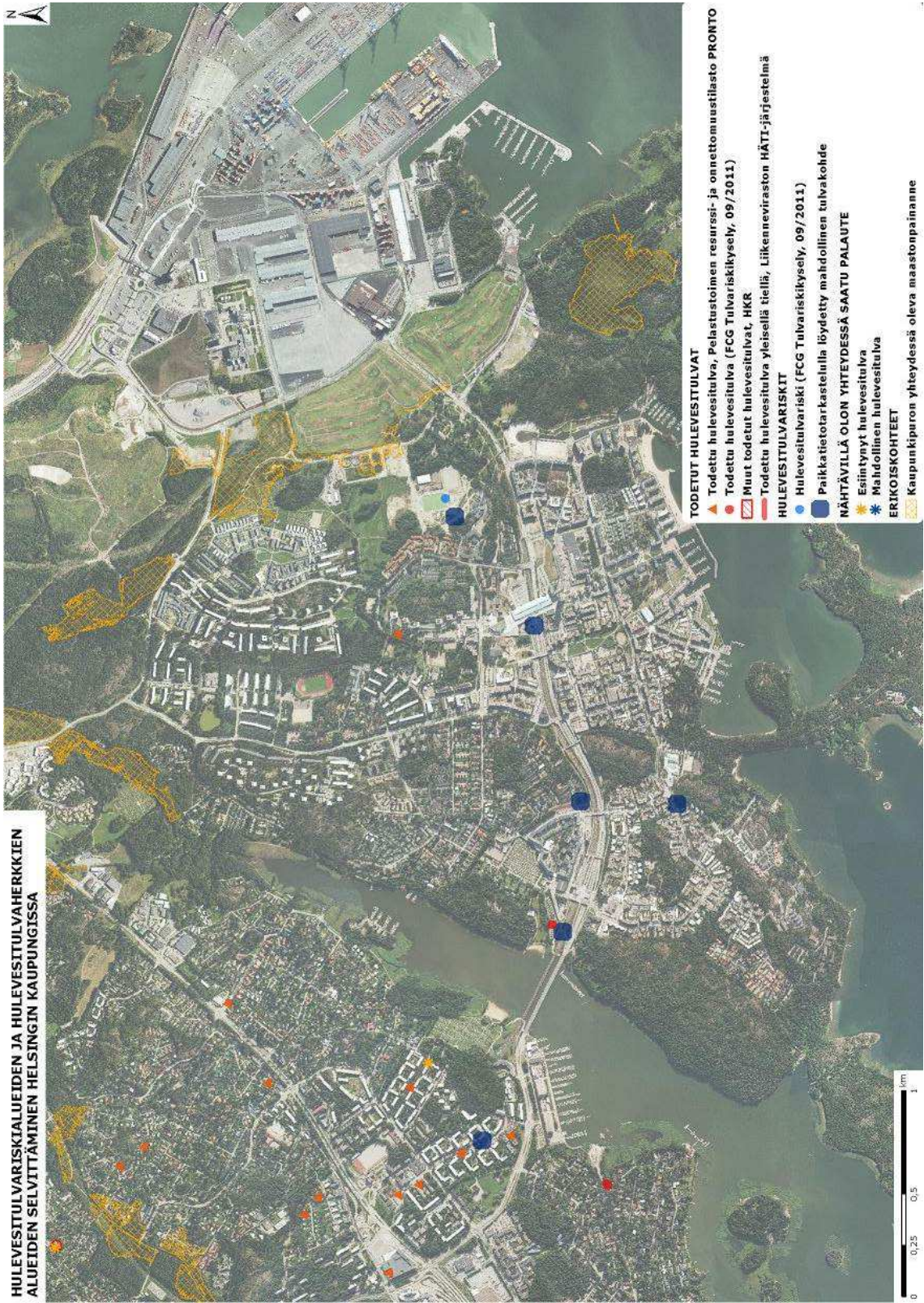
Liite 5: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Pasila. (FCG, Tvrdý 2011)



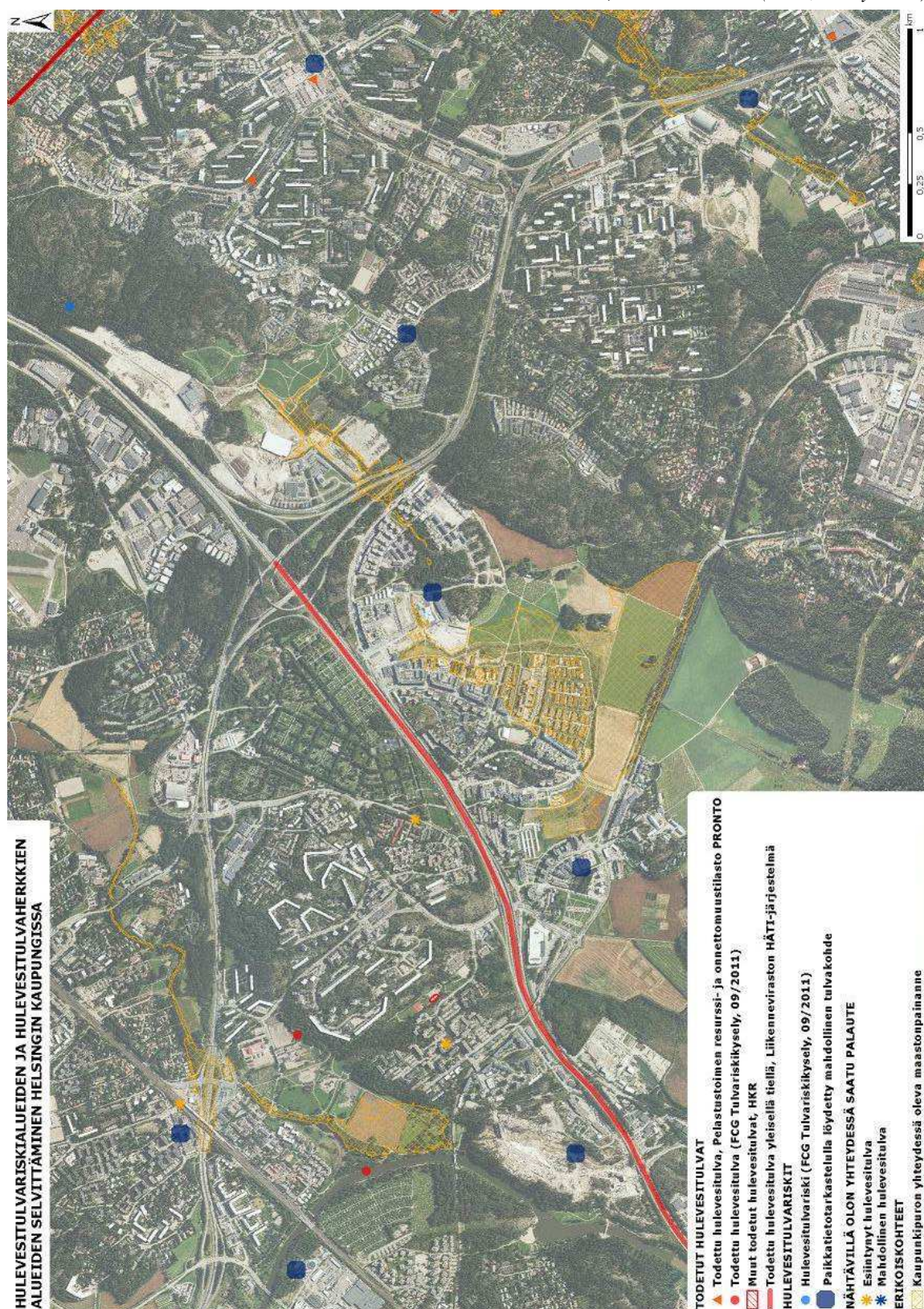
Liite 6: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Tapanila. (FCG, Tvrdý 2011)



Liite 7: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Vuosaari. (FCG, Tvrđý 2011)



Liite 8: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Latokartano. (FCG, Tvrdý 2011)



Liite 9: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Pakila. (FCG, Tvrđý 2011)

HULEVESITULVARISKIALUEIDEN JA HULEVESITULVAHERKKIEN ALUEIDEN SELVITTÄMINEN HELSINGIN KAUPUNGISSA

TODETUT HULEVESITULVAT

- ▲ Todettu hulevesitulva, Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO
- Todettu hulevesitulva (FCG Tulvariskikysely, 09/2011)
- Muut todetut hulevesitulvat, HKR
- Todettu hulevesitulva yleisellä tiellä, Liikenneviraston HÄTI-järjestelmä

HULEVESITULVARISKIT

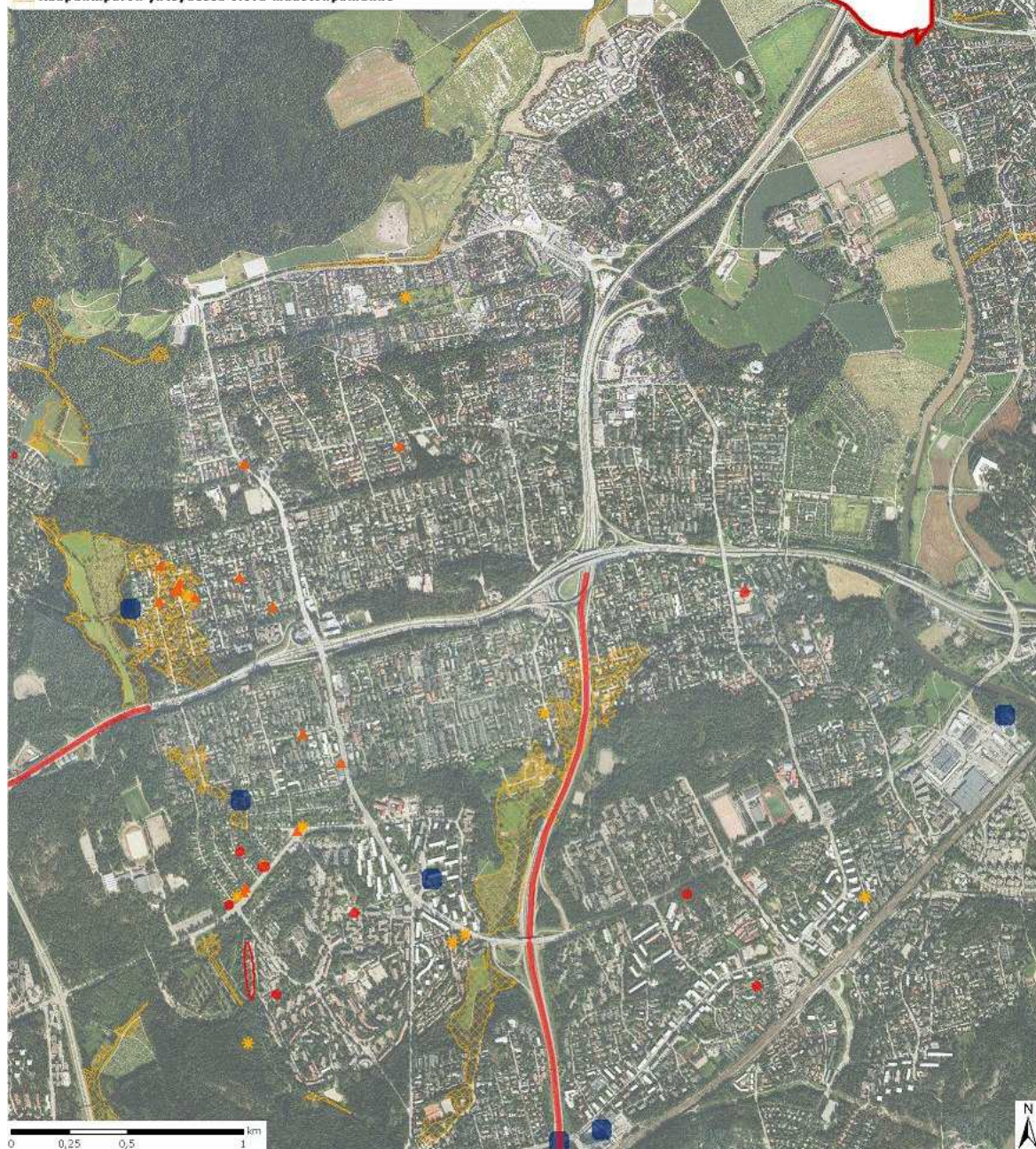
- Hulevesitulvariski (FCG Tulvariskikysely, 09/2011)
- Paikkatietotarkastelulla löydetty mahdollinen tulvakohde

NÄHTÄVILLÄ OLOIN YHTEYDESSÄ SAATU PALAUTE

- ★ Esiintynyt hulevesitulva
- ★ Mahdollinen hulevesitulva

ERIKOISKOhteet

- Kaupunkipuron yhteydessä oleva maastonpaine



Liite 10: Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin tulokset, Lassila. (FCG, Tvrdý 2011)

**HULEVESITULVARISKIALUEIDEN JA HULEVESITULVAHERKKIEN
ALUEIDEN SELVITTÄMINEN HELSINGIN KAUPUNGISSA**

TODETUT HULEVESITULVAT

- ▲ Todettu hulevesitulva, Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO
- Todettu hulevesitulva (FCG Tulvariskikysely, 09/2011)
- ▨ Muut todetut hulevesitulvat, HKR
- Todettu hulevesitulva yleisellä tiellä, Liikenneviraston HÄTI-järjestelmä

HULEVESITULVARISKIT

- Hulevesitulvariski (FCG Tulvariskikysely, 09/2011)
- Paikkatietotarkastelulla löydetty mahdollinen tulvakohde

NÄHTÄVILLÄ OLOIN YHTEYDESSÄ SAATU PALAUTE

- ★ Esiintynyt hulevesitulva
- ✱ Mahdollinen hulevesitulva

ERIKOISKOhteet

- Kaupunkipuron yhteydessä oleva maastonpaine

